TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN TERHADAP UMUR LAYAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR (STUDI KASUS : RUAS JALAN DIPONEGORO KM 19+645 – 22+425 RUAS UNGARAN-SALATIGA)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF VEHICLE EXCESSIVE LOADS ON THE SERVICE LIFE OF ROADS ON FLEXIBLE PAVEMENT (CASE STUDY : DIPONEGORO ROAD SECTION KM 19+645 – 22+425)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Tenik Sipil

Muhammad Izzul Islam
20511141

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN TERHADAP UMUR LAYAN JALAN PADA PERKERASAN LENTUR (STUDI KASUS : RUAS JALAN DIPONEGORO KM 19+645 – 22+425 RUAS UNGARAN-SALATIGA)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF VEHICLE EXCESSIVE LOADS ON THE SERVICE LIFE OF ROADS ON FLEXIBLE PAVEMENT (CASE STUDY : DIPONEGORO ROAD SECTION KM 19+645 – 22+425)

Disusun oleh

Muhammad Izzul Islam
20511141

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal
21 November 2025
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
Ir.Berlian Kushari,S.T.,M.Eng.	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK : 015110101	NIK : 955110103	NIK : 165111301

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

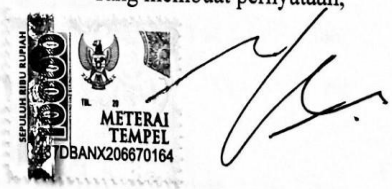
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 8 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Izzul Islam

(20511141)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan saya kenikmatan berupa rahmat dan hidayahnya sehingga saya bisa menyusun laporan tugas akhir yang berjudul *Analisis Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Terhadap Umur Layan Jalan Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus : Ruas Jalan Diponegoro Km 19+645 – 22+425*. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus di diselesaikan guna untuk menyelesaikan studi sarjana tingkat satu di program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir banyak hambatan yang dilalui oleh penulis, namun kritikan, saran, nasehat dan semangat yang di dapatkan dari berbagai pihak diberikan kepada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada:

1. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji.
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku kepala Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
5. Kedua orang tuaku, Ayahanda Mukodas, S.pd.1., M.Si. dan Ibunda Siti Choifah, S.Kep. yang selalu mendukung dan mendoakan saya dari awal hingga tulisan ini selesai.
6. Kedua Adikku, Najwa Ainun Nadlifah, dan Muhammad Rayyan Azfar Danis yang selalu mendukung.
7. Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa.
8. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama penyusunan laporan Tugas Akhir.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Tentang Analisis Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Perkerasan Lentur 5
BAB III LANDASAN TEORI 11
3.1 Definisi Jalan 11
3.2 Pengelompokkan Klasifikasi Jalan 11
3.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya .11
3.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi 12
3.3 Perkerasan Jalan 13
3.4 Beban Sumbu Kendaraan 15

3.5 Lalu Lintas Harian Rata-rata 16
3.6 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas 17
3.7 Faktor Distribusi Lajur (DL) 18
3.8 Faktor Ekivalen Beban /*Vehicle Damage Factor* (*VDF*) 18
3.9 Beban Sumbu Standar kumulatif (*CESAL*) 19
3.10 Sisa Umur Rencana (*Remaining Life*) 20
3.11 *Structural Number* Perkerasan 21
BAB IV METODE PENELITIAN 23
4.1 Lokasi Penelitian 23
4.2 Metode Pengambilan Data 23
4.3 Langkah-Langkah Penelitian 23
4.4 Analisis Data 25
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 27
5.1 Evaluasi Penurunan Umur Rencana Jalan 27
5.2 Analisis Data Lalu Lintas Harian Rata-rata 27
5.2.1 Pertumbuhan Volume Lalu Lintas 28
5.3 Analisis Data Jembatan Timbang 31
5.4 Analisis *Structural Number* Berdasarkan Tebal Lapisan Perkerasan 33
5.5 Analisis Nilai *Vehicle Damage Factor* (*VDF*) 35
5.6 Analisa *CESAL* Berdasarkan Kondisi Muatan 38
5.6.1 Analisis *CESAL* Dalam Kondisi Normal (Tidak *Overload*) 38
5.6.2 Analisis *CESAL* Pada Kondisi *Overload* 42
5.7 Nilai W18 Aktual dan Akumulasi kondisi Normal dan *Overload* 50
5.8 Analisis Sisa Umur Perkerasan (*Remaining Life*) 51
5.8.1 Nilai RL (*Remaining Life*) Rencana 51
5.8.2 Nilai RL (*Remaining Life*) *Overload* 52

5.9 Skenario Pengendalian Beban Berlebih (*Overload*) 55

5.10 Analisis *Structural Number* (*SN*) dengan Nilai *CESAL Overload* dan Skenario Tebal Perkerasan dengan nilai *Structural Number* 57

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 58

6.1 Kesimpulan 58

6.2 Saran 59

DAFTAR PUSTAKA 60

LAMPIRAN 62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Studi Pustaka yang pernah dilakukan 8
Tabel 3. 1 Muatan Sumbu Terberat Berdasarkan Kelas Jalan 16
Tabel 3. 2 Faktor Distribusi Lajur (DL) 18
Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Jalan Diponegoro (Lintas Ungaran-Salatiga) 28
Tabel 5. 2 Rata-rata Pertumbuhan Lalu lintas per golongan 2016-2024 30
Tabel 5. 3 Rekapitulasi LHR Kendaraan Tahun 2024-2025 31
Tabel 5. 4 Data Kendaraan yang masuk pada Jembatan Timbang Klepu 2024 32
Tabel 5. 5 Data Kendaraan *Overload* pada Jembatan Timbang Klepu 2024 32
Tabel 5. 6 Berat Rata-rata Kendaraan *Overload* 33
Tabel 5. 7 Nilai Referensi Umum untuk Koefisien Lapisan 34
Tabel 5. 8 Nilai *Structure Number* pada Jalan Diponegoro 35
Tabel 5. 9 Perbandingan Nilai *VDF Overload* dan Normal 38
Tabel 5.10 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2016 39
Tabel 5.11 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2017 40
Tabel 5.12 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2018 40
Tabel 5.13 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2019 40
Tabel 5.14 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2020 41
Tabel 5.15 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2021 41
Tabel 5.16 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2022 41
Tabel 5.17 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2023 42
Tabel 5.18 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2024 42
Tabel 5.19 Nilai Estimasi *CESAL* Kondisi Normal Tahun 2025 42
Tabel 5.20 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2016 44
Tabel 5.21 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2017 44
Tabel 5.22 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2018 45
Tabel 5.23 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2019 45
Tabel 5.24 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2020 46

Tabel 5.25 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2021 46
Tabel 5.26 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2022 47
Tabel 5.27 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2023 47
Tabel 5.28 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2024 48
Tabel 5.29 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2025 48
Tabel 5.30 Perbandingan Nilai Estimasi *CESAL* Normal dan *Overload* 49
Tabel 5.31 Rekapitulasi W18 Aktual dan Akumulasi kondisi Normal dan *Overload* 50
Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life* Rencana Tahun 2016-2025 52
Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life Overload* Tahun 2016-2025 53
Tabel 5.34 Perbandingan Nilai *Remaining Life* (*RL*) Normal dan *Overload* 53
Tabel 5.35 Skenario Pengendalian Beban *Overload* 55
Tabel 5.36 Nilai *Remaining Life* dengan Pengendalian Beban 56
Tabel 5.37 Skenario Tebal Perkerasan dari Nilai *Structural Number* 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Jalan Diponegoro Ungaran Tahun 2024 1
Gambar 3. 1 Tebal Perkerasan Lentur 14
Gambar 3. 2 Jumlah Berat yang Diizinkan 15
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian 23
Gambar 4. 2 *Flowchart* Penelitian 26
Gambar 5. 1 Tebal Perkerasan Lentur Jalan Diponegoro 34
Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Nilai *CESAL* Normal dan *Overload* 49
Gambar 5. 3 Perbandingan Nilai *RL* Rencana dan *Overload* 54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Permohonan Informasi Publik 61
Lampiran 2 Surat Permohonan Pengambilan Data Tugas Akhir 62
Lampiran 3 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata 63
Lampiran 4 Data Jembatan Timbang 64
Lampiran 5 *Time Schedule* Tugas Akhir 65
Lampiran 6 Data Tebal Perkerasan Lentur Jalan Diponegoro 66
Lampiran 7 Gambar Penimbangan Kendaraan Berat di Jembatan Timbang 67

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AASHTO = *American Association of state Highway dan Transportation Officials.*

CESAL = *Cumulatif Equivalent Single Axle Load.*

DL = Faktor Distribusi Lajur.

DD = Faktor Distribusi Arah

ESAL = *Equivalent Standart Axle Load.*

ESTRT = Angka ekivalen untuk sumbu rota tunggal roda tunggal.

ESTRG = Angka ekivalen untuk sumbu rota tunggal roda ganda.

ESDRG = Angka ekivalen untuk sumbu dua roda ganda.

I = Angka pertumbuhan lalu lintas.

LHR = *Lalu Lintas Harian Rata-rata.*

LHRJK = Lalu lintas harian rata-rata jenis kendaraan tertentu.

N = Tahun ke-.

RL = *Remaining Life.*

VDF = *Vehicle Damage Factor.*

W18 = Beban Sumbu ekuivalen standar untuk umur rencana.

W18aktual = Beban sumbu ekuivalent aktual per tahun.

W18akumulasi = Beban sumbu ekuivalent kumulatif hingga tahun ke-n.

SN = *Structural Number.*

UPPKB = Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor.

BPJN = Balai Pelaksanaan Jalan Nasional.

ABSTRAK

Jalan dapat menahan beban semestinya agar umur rencana dapat tercapai. Beban berlebih merupakan masalah krusial yang menyebabkan percepatan kerusakan jalan, sehingga tidak tercapainya umur rencana yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi pengaruh umur rencana perkerasan jalan akibat beban berlebih dengan metode *AASHTO* 1993. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh beban berlebih terhadap umur layan perkerasan lentur pada jalan Diponegoro Ungaran.

Data yang digunakan pada penelitian berupa data sekunder yaitu data Kendaraan berat dari jembatan timbang Klepu, kabupaten Ungaran, data LHR pada jalan Diponegoro dan data perkerasan lentur jalan Diponegoro semarang dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-Diy. Analisis penelitian dilakukan dengan menghitung nilai *structural number* perkerasan, nilai *CESAL* dalam kondisi normal maupun *overload* menggunakan metode *AASHTO* 1993, dan membandingkan nilai *remaining life* normal dan *overload.*

Dari hasil perhitungan menggunakan metode *AASHTO* 1993 dengan pertumbuhan lalu lintas aktual berbeda-beda setiap golongan dan tingkat pelanggaran kendaraan berat pada jembatan timbang Klepu sebesar 44% diketahui bahwa terjadi penurunan umur layan sebesar 1,8 tahun dari umur rencana 10 tahun dan umur rencana akibat beban berlebih kendaraan berat. Adapun hasil perhitungan didapatkan nilai estimasi *CESAL* sebesar 17.244.461,29 *ESAL* dan *CESAL overload* sebesar 24.914.626,58 *ESAL*, yang mengkibatkan penurunan umur perkerasan lentur pada jalan Diponegoro. Dengan diketahui nilai strucutural number aktual sebesar 4,96 maka dapat diketahui juga bahwa nilai *Structural Number (SN)* yang dibutuhkan agar jalan tetap dapat mempertahankan umur rencana 10 tahun dalam kondisi *Overload* adalah 6,27 dihitung dari nilai *CESAL Overload*.

Kata Kunci: beban berlebih, perkerasan lentur, dan umur rencana.

ABSTRACT

Roads must be able to withstand the appropriate loads to achieve their design life. Overloading is a crucial problem that accelerates road damage, thereby preventing the achievement of the designated design life. This research evaluates the impact of overloading on the pavement's design life using the AASHTO 1993 method. The objective of this study is to determine the effect of overloading on the design life of flexible pavement on the Diponegoro road in Ungaran.

The data used in this research are secondary data, specifically: heavy vehicle data from the Klepu Weighbridge in Ungaran Regency, LHR (Average Daily Traffic) data for the Diponegoro road, and flexible pavement data for the Diponegoro road in Semarang from the National Road Implementation Center of Central Java-DIY. The research analysis was carried out by calculating the structural number value of the pavement, the CESAL value under normal and overload conditions, and comparing the normal and overload remaining life values.

The calculation results using the AASHTO 1993 method, with varying actual traffic growth for each vehicle class and a heavy vehicle violation rate of 44% at the Klepu Weighbridge, indicate a reduction in design life of 1.8 years from the initial design life of 10 years due to heavy vehicle overloading. The calculation yielded an estimated CESAL value of 17,244,461.29 ESAL and an Overload CESAL value of 24,914,626.58 ESAL, which resulted in the reduction of the flexible pavement's service life on the Diponegoro road. Given the actual structural number (SN) of 4.96, it was also determined that the required Structural Number (SN) needed for the road to maintain its 10-year design life under Overload conditions is 6.27, calculated from the Overload CESAL value.

Keywords: design life, flexible pavement, and overloading,

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Diponegoro lintas Ungaran-Salatiga termasuk jalan nasional yang sering dilalui kendaraan berat karena jalan ini menghubungkan antara wilayah atau kota besar dan memiliki kapasitas untuk melayani volume lalu lintas tinggi. Ruas jalan ini juga sebagai jalan arteri yang memiliki panjang sekitar 3 kilometer dan terletak di wilayah yang cukup padat, dengan banyak pusat perindustrian, perkantoran dan pemukiman. Jalan ini memiliki 2 jalur dan 4 lajur kendaraan. Berdasarkan hasil survei tahun 2016-2024 dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah- DI Yogyakarta, jalan Diponegoro lintas Ungaran-Salatiga mempunyai Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) yang dominan terjadi pertumbuhan daripada penurunan dari tahun ke-tahun. Jalan ini mengalami beban yang sangat besar setiap hari karena banyaknya kendaraan, terutama truk dan bus. Berikut kondisi jalan Diponegoro Ungaran tahun 2024 dapat dilihat pada Gambar 1.1 di bawah.



Gambar 1. 1 Kondisi Jalan Diponegoro Ungaran Tahun 2024

Perkerasan pada Jalan Diponegoro termasuk dalam perkerasan lentur. Perkerasan jalan dibuat dari agregat dan bahan pengikat untuk menampung beban lalu lintas. Kerusakan jalan termasuk suatu permasalahan yang harus diperhatikan karena dapat mengganggu keselamatan dan kenyamanan pengendara. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh banyak hal, termasuk beban lalu lintas yang tinggi, sistem drainase yang tidak baik, kualitas material perkerasan yang buruk, iklim, dan kondisi tanah yang tidak stabil. Berdasarkan data UPPKB (Unit Pelaksana Penimbangan Kendaraan Bermotor) pada tahun 2024 mencapai 70.000 kendaraan pelanggar beban berlebih dari 150.000 lebih kendaraan yang tercatat pada jembatan timbang, dari data tersebut menunjukkan bahwa masih banyak terjadi pelanggaran pada lalu lintas yang berakibat adanya kerusakan jalan. Terdapat indikasi bahwa beban berlebih berakibat terjadinya kerusakan dini pada perkerasan ini. Jenis kerusakan yang ditemukan pada jalan ini antara lain lubang dan retakan pada permukaan jalan.

Kerusakan jalan dapat meningkatkan biaya perbaikan dan pemeliharaan serta kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Analisis ini diharapkan dapat memberikan data ilmiah dan rekomendasi kepada pihak berwenang seperti Dinas Pekerjaan Umum dan Bina Marga dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif, baik dalam penegakan hukum beban muatan maupun perencanaan dan desain ulang perkerasan jalan di masa mendatang. Diharapkan analisis ini akan menghasilkan masukan bagi pihak-pihak terkait tentang pentingnya pengendalian beban berlebih untuk mengantisipasi kerusakan dini terhadap umur rencana.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah disampaikan oleh penulis, maka rumusan masalahh yang didapatkan adalah sebagai berikut

1. Seberapa besar tingkat pelanggaran muatan yang terjadi di Ruas Jalan Diponegoro?
2. Seberapa besar pengaruh beban berlebih *(overload*) terhadap umur rencana perkerasan jalan?

3. Bagaimana upaya agar perkerasan dapat mempertahankan umur rencana dengan beban yang *overload*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dapat disimpulkan dari rumusan masalah dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Mengetahui besarnya beban berlebih pada Ruas Jalan Diponegoro.
2. Mengetahui pengaruh beban *overload* terhadap umur rencana perkerasan jalan dengan metode *AASHTO* 1993.
3. Mengetahui nilai *Structural Number* agar perkerasan dapat mempertahankan umur layan akibat beban *overload*.

1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini diberikan beberapa batasan batasan, sebagai berikut.

1. Beban berlebih yang dimaksud adalah beban kendaran yang melebihi beban sumbu standar (*overload*) yang ditetapkan sesuai dengan konfigurasi sumbu kendaraan.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *AASHTO* 1993.
3. Lokasi penelitian berada di jalan Diponegoro Km.19+645 – 22+425.
4. Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data sekunder berupa data lalu lintas harian rata-rata dan data pelanggaran beban kendaraan (*overload*)
5. Jenis perkerasan jalan pada penelitian adalah perkerasan lentur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebagai bahan masukan bagi pihak-pihak terkait tentang pentingnya pengendalian beban berlebih untuk mengantisipasi kerusakan dini pada terhadap umur rencana.
2. Sebagai pengetahuan tambahan bagi pembaca tentang pengaruh beban berlebih kendaraan terhadap umur rencana jalan pada perkerasan lentur.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Tentang Analisis Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Perkerasan Lentur

Safitra dkk., 2019 melakukan penelitian tentang Analisa pengaruh beban berlebih di Jalan Manado-Bitung dari penelitian tersebut mendapatkan hasil dari metode AASHTO bahwa terjadi penurunan umur rencana sebesar 28,08% yang diakibatkan dari beban berlebih, sehingga terjadi peningkatan nilai *VDF* kumulatif sebesar 59,483% yang diakibatkan dari beban berlebih. Persentase kendaraan yang membawa muatan melebihi batas (overload) dan mempengaruhi terhadap kerusakan jalan menunjukkan bahwa jenis truk sedang paling tinggi yaitu 70,121%**.**

Hazifa dkk., 2022 melakukan penelitian tentang Analisa Dampak Beban Kendaraan terhadap Kerusakan serta Umur Rencana Jalan (Studi Kasus Perkerasan Lentur Jl. Kamarullah Kota Padang Panjang). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode analisis *AASHTO* 1993. Hasil dari penelitian ini adalah dengan metode *AASHTO* 1993 didapat *ESAL* kumulatif 10 tahun pada ruas Jalan Kamarullah menyimpulkan bahwa dampak beban lebih telah mengurangi umur rencana perkerasan, menurut metode *AASHTO* 1993 umur rencana berkurang 2.581 tahun , rencana semula ialah dari 2017 hingga 2027 dan dengan pengurangan beban hingga 2025.

Sutrisno dkk., 2022 melakukan penelitian tentang Analisis dampak beban berlebih (*overload*) kendaraan jalan Jogja-Prambanan. Pada penelitian ini menggunakan metode *AASHTO* 1993. Hasil dari penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *AASHTO* 1993 didapatkan perhitungan persamaan *remaining life* dari *AASHTO* 1993 sisa umur layan konstruksi perkerasan adalah sebesar 90,43%. Yang berarti usia perkerasan jalan berkurang sebesar 9,57% dan perbandingan angka ekuivalen Terbesar adalah truk 2 saringan yaitu sebesar 122,64%, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan

kendaraan ini lebih besar. Dibandingkan dengan truk 2 as berat yang memiliki angka ekuivalen sebesar 24,077%. perkerasan adalah sebesar 90,43%. Yang berarti usia perkerasan jalan berkurang sebesar 9,57% dan perbandingan angka ekuivalen Terbesar adalah truk 2 saringan yaitu sebesar 122,64%, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan kendaraan ini lebih besar. Dibandingkan dengan truk 2 as berat yang memiliki angka ekuivalen sebesar 24,077%.

Iskahar dkk., 2021 melakukan penelitian tentang pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana perkerasan jalan studi kasus jalan Jenderal Soedirman Sokaraja. Hasil dari penelitian ini adalah beban berlebih akibat perkembangan lalu lintas pada jalan Jenderal Soedirman-Sokaraja mempengaruhi umur rencana perkerasan jalan. Dengan terjadinya penambahan lalu lintas yang besar maka akan berdampak berkurangnya umue perkerasan jalan dari umur rencana dan berdasarkan analisis *traffic design* (*ESAL*) pada kondisi normal maka sisa umur perkerasan diperkirakan akan berakhir pada tahun ke-10. Sedangkan dengan adanya pertambahan lalu lintas 5%, 10%, dan 15% terjadi pengurangan umur rencana dengan persentase 0% terjadi diantara pertengahan tahun ke-9 dan tahun ke-10 dari umur rencana normal 10 tahun.

Hasanuddin dkk., 2023 melakukan penelitian tentang pengaruh beban berlebih jalan Yos Sudarso. Pada penelitian menyimpulkan bahwa nilai *traffic design* (*ESAL*) pada kondisi normal maka umur sisa perkerasan diperkirakan akan berakhir pada tahun ke-10. Besarnya umur sisa perkerasan jika dihitung dengan kondisi beban berlebih, maka umur perkerasan hanya mampu bertahan selama 7,46 tahun dengan penambahan beban berlebih sebesar 10%. Pada penambahan beban berlebih sebesar 20% menyisakan 5.6 tahun. Maka diperlukan program penanganan berupa pemeliharaan (rehabilitasi atau evaluasi lanjut terhadap kondisi perkerasan jalan.

Marsa dkk., 2023 melakukan penelitian tentang pengaruh beban berlebih ruas lingkar gentong. Pada penelitian ini memiliki hasil yaitu nilai *CESA* perencanaan didapatkan sebesar 23,811,495 dan *CESA overload* sebesar 25,325,710. Berdasarkan hasil tersebut maka terjadi penurunan umur rencana pada ruas Lingkar Gentong sebesar 0,6 tahun. perbedaan dengan penelitian terdahulu adalah peneliti

akan menggunakan data sekunder yang didapat dari stasiun jembatan timbang bergas dan data LHR dari jalan Diponegoro Semarang untuk mengetahui dampak dari kendaraan berlebih yang melewati jalan Diponegoro Semarang. Metode yang digunakan ada 2 yaitu menggunakan metode *AASHTO* 1993 dan metode Bina Marga 2013.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Daftar Studi Pustaka yang pernah dilakukan

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Hazifa, Ade Nurdin, Dyah Kumalasari (2022)	Analisa Dampak Beban Kendaraan terhadap Kerusakan serta Umur Rencana Jalan Kamarullah Kota Padang Panjang	Mengetahui dampak beban kendaraan terhadap umur sisa (remaining life) perkerasan jalan di Jalan Kamarullah	Jl.Kamarullah Kota Padang Panjang	Didapatkan nilai ESAL kumulatif 10 tahun pada ruas Jalan Kamarullah menyimpulkan bahwa dampak beban lebih telah mengurangi umur rencana perkerasan, menurut metode AASHTO 1993 umur rencana berkurang 2.581 tahun , rencana semula ialah dari 2017 hingga 2027 dan dengan pengurangan beban hingga 2025.
2.	Widarto, Dapa Beti, K., Rera Wowa, P., Sulistyorini, D. (2022)	Analisis Dampak Beban Berlebih (*Overload*) Kendaraan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Metode AASHTO Jalan Yogyakarta-Prambanan	Mengetahui seberapa besar pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap umur rencana jalan, pada arus jalan Yogyakarta-Prambanan	Jalan Yogyakarta-Prambanan	Didapatkan perhitungan persamaan remaining life dari AASHTO 1993 sisa umur layan konstruksi perkerasan adalah sebesar 90,43%. usia perkerasan jalan berkurang sebesar 9,57% dan perbandingan angka ekuivalen Terbesar adalah truk 2 saringan yaitu sebesar 122,64%, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan kendaraan ini lebih besar. dibandingkan dengan truk 2 as berat yang memiliki angka ekuivalen sebesar 24,077%

Lanjutan Tabel 2. 2 Daftar Studi Pustaka yang pernah dilakukan

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi Penelitian	Hasil
3	Iskahar, Sulfah Anjarwati, Livia Oktafiani Rejeki. (2021)	Pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana perkerasan jalan studi kasus jalan Jenderal Soedirman Sokaraja.	Mengetahui pengaruh beban berlebih terhadap pengurangan umur rencana	Jalan Jend. Soedirman, Sokaraja, kabupaten Banyumas dengan panjang 1,2 km	Beban berlebih akibat perkembangan lalu lintas pada jalan Jenderal Soedirman-Sokaraja mempengaruhi umur perkerasan jalan. Berdasarkan analisis traffic design (ESAL) pada kondisi normal maka sisa umur perkerasan diperkirakan akan berakhir pada tahun ke-10.
4	Hasanuddin, Ayu Setiawati, D., Tri Anggoro, A. (2023	Pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana studi kasus pada jalan Yos Sudarso.	Mengetahui pengaruh, besarnya beban berlebih (*overloud*) terhadap pengurangan umur rencana jalan.	Jalan Yos Sudarso, Kota Palu	Besarnya umur sisa perkerasan jika dihitung dengan kondisi beban berlebih maka umur perkerasan hanya mampu bertahan selama 7,46 tahun.

Lanjutan Tabel 2. 3 Daftar Studi Pustaka yang pernah dilakukan

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Lokasi Penelitian	Hasil
5	Rafi Marsa, Djuang Akbardin, Mohamad, D (2023)	Pengaruh beban berlebih kendaraan (*overload*) Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Ruas Lingkar Gentong	Mengetahui beban berlebih kendaraan terhadap umur perkerasan jalan pada ruas jalan lingkar gentong kendaraan dengan beban berlebih	Ruas jalan raya Lingkar Gentong, Tasikmalaya, Jawa Berat	Nilai CESA perencanaan didapatkan sebesar 23,811,495 dan CESA *overload* sebesar 25,325,710. Hasil tersebut membuktikan bahwa terjadi penurunan umur rencana pada ruas Lingkar Gentong sebesar 0,6 tahun.
6.	Putri Angelia Safitra Theo K. Sendow, Sisca V. Pandey (2019)	Analisa pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana (studi Kasus : Ruas Jalan Manado-Bitung)	Menganalisa dampak beban kendaraan berlebih (overloading) terhadap umur rencana perkerasan jalan	Ruas Jalan Manado-Bitung, Sulawesi Utara	Hasil dari metode AASHTO bahwa Terjadi penurunan umur rencana sebesar 28,08% yang diakibatkan dari beban berlebih, sehingga terjadi peningkatan nilai *VDF* kumulatif sebesar 59,483% yang diakibatkan dari beban berlebih.

Sumber : Hafiza (2022), Widarto Sutrisno (2022), Iskahar (2021), Hasanuddin (2023), Rafi Marsa (2023)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Jalan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau di atas permukaan tanah, serta di air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel

3.2 Pengelompokkan Klasifikasi Jalan

Berdasarkan UU Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan UU Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan**,** jalan digunakan untuk lalu lintas umum, baik di permukaan, bawah, maupun atas tanah, kecuali jalan khusus seperti rel kereta api dan sebagainya. Jalan diklasifikasikan berdasarkan fungsinya menjadi jalan nasional, provinsi, kabupaten/kota, dan desa, serta menurut perannya menjadi jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan. Klasifikasi ini menentukan siapa yang bertanggung jawab dalam pengelolaan, pembiayaan, dan pemeliharaan jalan. Sebagai fasilitas publik, jalan memiliki hubungan dengan Pasal 33 UUD 1945, yang menyatakan bahwa pengelolaan infrastruktur oleh negara harus diarahkan untuk kesejahteraan rakyat. Oleh karena itu, jalan tidak hanya berfungsi sebagai lintasan kendaraan, tetapi juga merupakan peran penting dalam mendukung mobilitas, ekonomi, dan pembangunan masyarakat.

3.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Statusnya

Berdasarkan Undang Undang No.38 Tahun 2004 Pasal 9, Jalan diklasifikasikan menurut statusnya, yaitu sebagai berikut.

1. Jalan nasional merupakan jalan yang menghubungkan antar provinsi,jalan strategis nasional, dan jalan tol. Jalan nasional ini dikelola oleh pemerintah pusat.
2. Jalan provinsi merupakan Jalan yang menghubungkan antar-kabupaten/kota dalam satu provinsi dan jalan strategis provinsi. Pengelolaannya menjadi tanggung jawab pemerintah provinsi.
3. Jalan kabupaten merupakan jalan yang menghubungkan antar-kecamatan dalam satu kabupaten, serta jalan strategis kabupaten yang mendukung mobilitas lokal. Pengelolaannya berada di bawah pemerintah kabupaten.
4. Jalan kota merupakan Jalan yang menghubungkan antarkawasan di dalam wilayah kota, serta jalan strategis kota. Tanggung jawab pengelolaannya berada di pemerintah kota.
5. Jalan desa merupakan Jalan yang menghubungkan antarkawasan di dalam desa atau antar-desa, yang dikelola oleh pemerintah desa atau kelurahan.

3.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi

Berdasarkan Undang-Undang No.38 Tahun 2004 Pasal 9 Klasifikasi Jalan menurut fungsinya adalah sebagai berikut.

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dengan jumlah jalan masuk dibatasi.
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

3.3 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan tentunya hal yang sangat diperhatikan apabila kita mendesain jalan karena penting untuk menjaga keamanan dan kenyamanan jalan. Secara umum, perkerasan jalan berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar (*subgrade*) sehingga tidak terjadi kerusakan yang berlebihan pada struktur dan memastikan kenyamanan pengendara. Salah satu perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur. Perkerasan lentur adalah jenis konstruksi jalan yang menggunakan material yang dicampur dengan aspal atau bitumen sebagai bahan pengikat utamanya. Prinsip pada perkerasan lentur yaitu distribusi beban secara bertahap. Beban lalu lintas yang diterima oleh lapisan permukaan didistribusikan ke area yang semakin luas melalui setiap lapisan di bawahnya. Akibatnya, tegangan yang mencapai lapisan tanah dasar (*subgrade*) menjadi sangat kecil dan berada dalam batas aman, mencegah kerusakan pada tanah dasar. Perkerasan lentur memiliki komponen-komponen lapisan. Berikut adalah lapisan-lapisan pada perkerasan lentur.

1. Lapis permukaan (*Surface Course*). Lapisan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan permukaan berupa *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* atau *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* Berikut adalah fungsi lapis permukaan (*Surface Course*).
   a. Menahan beban lalu lintas
   b. Melindungan lapisan dibawahnya dari air hujan.
   c. Memberikan kenyamanan pada pengguna jalan.
2. Lapis pondasi atas *(Base Course).* Lapisan ini terletak dibawah lapis permukaan. Lapisan berupa aspal beton lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base/AC-Base*) dan memiliki syarat kekuatan material yang sangat tinggi. Berikut adalah fungsi lapis pondasi atas *(Base Course).*
   a. Meneruskan beban dari lapis permukaan ke lapis di bawahnya.
   b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
3. Lapis pondasi bawah (*Sub base Course*). Lapisan ini terletak diantara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas. Lapis pondasi bawah berupa material

granular seperti agregat kelas B, stabilisasi tanah semen. Lapis pondasi bawah dibuat diatas tanah dasar berfungsi sebagai berikut.

a. Mencegah material tanah dasar masuk ke lapis pondasi atas.
b. Mencegah air meresap ke tanah dasar.
c. Meneruskan beban ke tanah dasar.

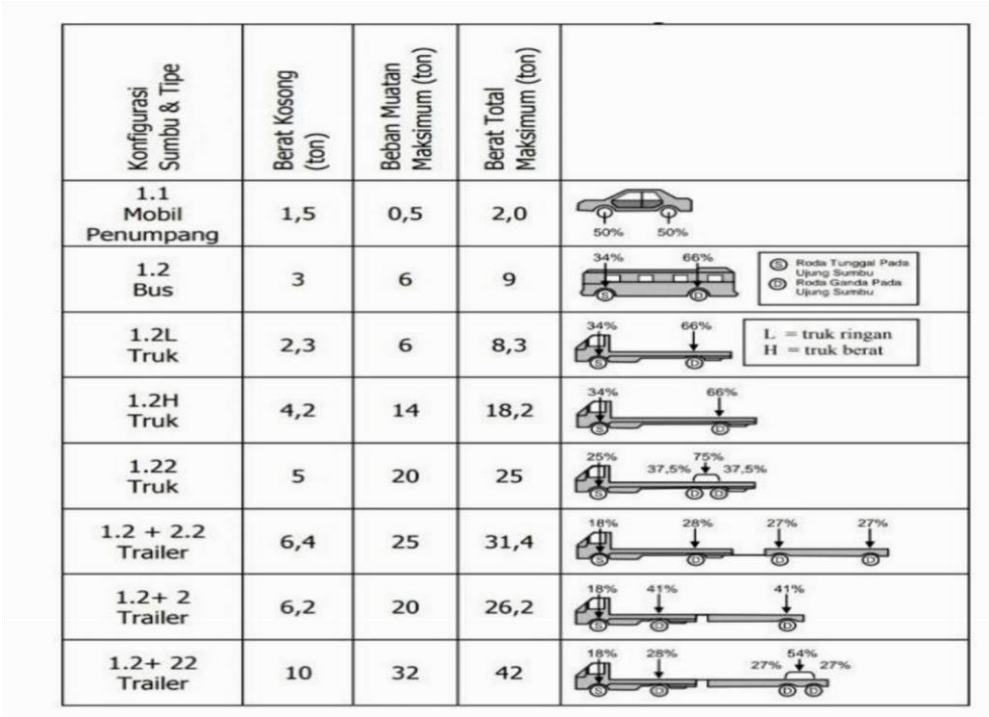
4. Lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapisan paling bawah pada perkerasan lentur ini berupa tanah asli yang telah dipadatkan atau tanah timbunan. Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar karena harus mempertingbangkan sifat tanah seperti daya dukung tanah, komposisi dan gradasi tanah, kemudahan untuk dipadatkan, plastisitas tanah, sifat kembang susut tanah dan lain-lain. Kekuatan tanah dasar diukur dengan nilai *CBR* **(***California Bearing Ratio*). Nilai *CBR* tanah dasar adalah parameter kekuatan dan daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dan material granular lainnya yang akan digunakan sebagai lapisan perkerasan jalan. Fungsi utama dari tanah dasar yaitu menerima dan menahan beban akhir yang telah didistribusikan oleh seluruh lapisan di atasnya.

Berikut adalah Gambar 3.1 dari susunan lapisan apada lapisan perkerasan lentur sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Tebal Perkerasan Lentur

Berikut jenis kendaraan beredasarkan jumlah berat yang diizinkan ditunjukkan pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (ton)	Beban Muatan Maksimum (ton)	Berat Total Maksimum (ton)	
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2,0	50% 50%
1.2 Bus	3	6	9	34% 66%
1.2L Truk	2,3	6	8,3	34% 66%
1.2H Truk	4,2	14	18,2	34% 66%
1.22 Truk	5	20	25	25% 75% 37,5% 37,5%
1.2 + 2.2 Trailer	6,4	25	31,4	18% 28% 27% 27%
1.2+ 2 Trailer	6,2	20	26,2	18% 41% 41%
1.2+ 22 Trailer	10	32	42	18% 28% 54% 27% 27%

Gambar 3. 2 Jumlah Berat yang Diizinkan
Sumber: Kementrian PUPR, Bina Marga (1983)

3.4 Beban Sumbu Kendaraan

Beban sumbu kendaraan yaitu beban yang diterima oleh sumbu kendaraan dari berat kendaraan itu sendiri, termasuk beban yang dibawanya. Beban ini sangat penting dalam beroperasi dan berjalannya kendaraan, karena mempengaruhi kinerja, stabilitas, dan keamanan kendaraan saat beroperasi di jalan. Beban sumbu yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada jalan, seperti retak, berlubang, dan deformasi.

Muatan sumbu terberat merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas jalan dan keamanan lalu lintas. Yang dimaksud muatan sumbu terberat adalah berat maksimum yang diperbolehkan dalam satu sumbu kendaraan bermotor yang melitasi jalan, dan diukur dalam satuan ton. Beban sumbu yang melebihi batas muatan sumbu terberat dapat menyebabkan kerusak an pada jalan, seperti retak,

berlubang, amblas, dan deformasi. Berikut ini adalah Tabel 3.1 muatan sumbu terberat berdasarkan kelas jalan.

Tabel 3. 1 Muatan Sumbu Terberat Berdasarkan Kelas Jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum			Muatan Sumbu Terberat (Ton)
		Lebar	Panjang	Tinggi	
I	Arteri, Kolektor	2,5 m	18 m	4,2 m	10
II	Arteri,Kolektor, Lokal,Lingkungan	2,5 m	12 m	4,2 m	8
III	Arteri,Kolektor, Lokal,Lingkungan	2,1 m	9 m	3,5 m	8
Khusus	Arteri	>2,5 m	>18 m	4,2 m	>10

(Sumber : UU No 22 Tahun 2009)

3.5 Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah Volume kendaraan yang melewati suatu titik jalan yang diamati pada satu hari dan dihitung berdasarkan data yang dikumpul selama waktu tertentu. Dari hasil data tersebut terdapat dua jenis volume lalu lintas rata-rata yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) adalah volume lalu lintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama satu tahun penuh (365 hari). Sedangkan lalu lintas harian rata-rata (LHR) adalah volume lalu lintas yang didapatkan dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama beberapa hari pengamatan. Lalu Lintas Harian rata-rata (LHR) diperoleh dari data primer yakni data survei dilapangan. Sedangkan untuk mengetahui LHR untuk tahun mendatang dapat digunakan persamaan berikut:

$$LHRn = LHR0 \times (1 + i)n \quad (3.1)$$

Keterangan :

LHRn = LHR tahun ke-n,

i = faktor pertumbuhan lalu lintas, dan

n = tahun ke-n.

3.6 Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati jalan pada suatu titik pengamatan dalam satuan waktu. Rumus untuk menghitung pertumbuhan volume lalu lintas biasanya melibatkan perbandingan antara volume lalu lintas pada dua periode waktu yang berbeda, yaitu pada volume lalu lintas awal dan akhir. Perhitungan pertumbuhan lalu lintas ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$i = (\sqrt[n]{\frac{LHRn}{LHR0}}) - 1 \quad (3.2)$$

Keterangan :

i = pertumbuhan lalu lintas,

LHRn = volume LHR pada survei awal,

LHR0 = volume LHR pada survei akhir, dan

n = selisih jumlah tahun data yang diambil.

Kemudian pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif menggunakan persamaan berikut:

$$R = \frac{(1+0{,}01i)^{UR}-1}{0{,}01i} \quad (3.3)$$

Keterangan :

R = faktor pertumbuhan kumulatif lalu lintas,

I = pertumbuhan lalu lintas, dan

UR = Umur rencana.

3.7 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Faktor distribusi lajur (DL) digunakan untuk menghitung beban kumulatif yang diterima oleh perkerasan jalan berdasarkan jumlah lajur yang tersedia. Penggunaan faktor distribusi lajur yang tepat sangat penting untuk analisis dan desain jalan yang aman dan efisien, serta untuk mengurangi risiko kerusakan pada perkerasan akibat beban lalu lintas yang tidak merata. Berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Bina Marga 2017, nilai DL dapat diketahui dari Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 2 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur setiap Arah	Persentase Distribusi Lajur (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Bina Marga (2017)

3.8 Faktor Ekivalen Beban /*Vehicle Damage Factor (VDF)*

Vehicle Damage Factor (VDF) pada analisis lalu lintas digunakan untuk mengukur dampak kerusakan yang disebabkan oleh kendaraan berat terhadap ruas jalan. VDF menunjukkan perbandingan antara kerusakan yang dihasilkan oleh lintasan beban sumbu tunggal kendaraan dengan lintasan beban standar sumbu tunggal yang ditetapkan sebesar 8,16 ton. *Vehicle Damage Factor* (VDF) dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang mempertimbangkan beban kendaraan dan *Structural Number* pada perkerasan. Nilai *VDF* menurut *AASHTO* 1993 menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Gt} = LOG[\frac{4{,}2-\text{Pt}}{4{,}2-1{,}5}]$$

$$\beta_x = 0{,}4 + [\frac{0{,}081(\text{L1x}+\text{L2x})^{3{,}23}}{(\text{SN}+1)^{5{,}19} x\ (1)^{3{,}23}}]$$

$$\frac{Wtx}{Wt18} = [\frac{\text{L1s}+\text{L2s}}{\text{L1x}+\text{L2x}}]^{4{,}79} x [\frac{10^{\frac{Gt}{\beta x}}}{10^{\frac{Gt}{\beta 18}}}] x (L2x)^{4{,}33}$$

$$\text{LEF} = 1 / \frac{Wtx}{Wt18} \quad (3.4)$$

$$\text{VDF} = \text{LEF}_{\text{total}}$$

Keterangan :

Gt = koefisien ekuivalensi beban,

Pt = indeks pelayanan akhir,

B_x = faktor empiris pengaruh beban sumbu,

W_{tx} = banyaknya repetisi beban gandar,

W_{t18} = banyaknya repetisi beban gandar standar,

L_X = beban gandar yang dievaluasi (dalam kips),

L_{2x} = 1, 2, atau 3, jika gandar berupa gandar tunggal, tandem, tridem, dan

LEF = beban sumbu kendaraan per-gandar,

3.9 Beban Sumbu Standar Kumulatif *(CESAL)*

Beban sumbu standar kumulatif merupakan konsep penting dalam melakukan perencanaan dan desain perkerasan jalan. Nilai (*CESAL*) dapat mencerminkan nilai total beban sumbu yang diharapkan akan diterima oleh jalan selama umur rencana, yang umumnya ditentukan berdasarkan data lalu lintas dan karakteristik kendaraan. Dengan menghitung nilai *CESAL* dapat menentukan ketebalan dan material perkerasan yang sesuai untuk memastikan bahwa jalan dapat bertahan selama umur rencana tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. Nilai *CESAL* memiliki persamaan yang ditentukan yaitu sebagai berikut.

$$ESAL = (\in jenis\ kendaraan\ LHRT \times VDF \times DL) \quad (3.5)$$

$$CESAL = ESA \times 365 \times R \quad (3.6)$$

Keterangan :

LHRT = lalu lintas harian rata-rata tahunan,

VDF = perkiraan Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*),

ESA = lintasan sumbu standar ekivalen (*Equivalent Standart Axle*),

DL = faktor Distribusi Lajur,

CESA = kumulatif beban sumbu standar ekivalen, dan

R = faktor Pengali pertumbuhan lalu lintas.

3.10 Sisa Umur Rencana *(Remaining Life)*

Umur rencana jalan merupakan periode waktu yang direncanakan untuk penggunaan dan fungsi suatu jalan sebelum diperlukan perbaikan atau rehabilitasi yang signifikan. Umur rencana jalan biasanya ditentukan berdasarkan berbagai faktor, termasuk jenis material yang digunakan, volume lalu lintas, kondisi lingkungan, dan perawatan yang dilakukan selama masa penggunaan jalan tersebut.

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan umur jalan terjadi penurunan. Maka dari itu diperlukan perhitungan sisa umur rencana untuk menentukan seberapa cepat atau lambat masa pakai berkurang. Adapun persamaan atau perhitungan umur sisa rencana (RL) Menurut (*AASHTO*, 1993) (*American Association of state Highway dan Transportation Officials)*:

$$W18_{AKTUAL} = CESAL \text{ X } DD \text{ X } DL \quad (3.7)$$

Keterangan :

CESAL = Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

DD = Faktor Distribusi arah.

DL = Faktor Distribusi lajur.

Setelah didapatkan $W18_{aktual}$ untuk tiap tahun, nilai $W18_{aktual}$ dapat diperoleh dengan menjumlahkan $W18_{aktual}$ dari tahun-tahun sebelumnya. Adapun perhitungan Nilai $W18_{akumulasi.}$

$$W18_{AKUMULASI} = W18_{AKUMULASI\ n-1} + W18_{AKTUAL\ n} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$W18_{AKUMULASIn}$ = total beban sumbu ekivalen kumulatif pada tahun ke-n,

$W18_{AKUMULASI\ n-1}$ = total beban sumbu ekivalen kumulatif hingga tahun ke-(n-1),

$W18_{AKTUAL\ n}$ = beban sumbu ekivalen pada tahun ke-n.

Adapun untuk perhitungan nilai RL adalah sebagai berikut :

$$RL = 100\ [1-(\frac{Np}{N1.5})] \quad (3.9)$$

Keterangan:

RL = *Remaining Life,*

Np = Akumulasi W18 per tahun, dan

N1.5 = Akumulasi W18 tahun terakhir umur rencana.

3.11 *Structural Number* Perkerasan

Dalam perencanaan perkerasan lentur, khususnya yang mengacu pada metode *AASHTO*, dikenal istilah *Structural Number (SN)* atau Indeks Tebal Perkerasan (ITP). Nilai ini berfungsi sebagai indikator non-fisik (abstrak) yang merepresentasikan kemampuan gabungan lapisan perkerasan dalam menopang beban lalu lintas. Nilai *SN* mencerminkan keseluruhan kapasitas perkerasan untuk menahan beban lalu lintas selama masa pakai yang direncanakan. Berikut untuk menghitung nilai *Structure Number* jika didapatkan tebal lapisan perkerasan menggunakan persamaan berikut ini.

$$SN = \Sigma\ (\alpha_i \times D_i \times m_i) \quad (3.10)$$

Keterangan :

SN = *Structural Number,*

α_i = koefisien lapisan (*layer coefficient*),

D_i = tebal lapisan (dalam satuan Inch), dan

m_i = faktor drainase.

Berikut adalah persamaan empiris *AASHTO* 1972 untuk menghitung Nilai *Structure Number Future* yang menghubungkan antara akumulasi repetisi beban

Wt18 pada suatu layanan dengan kebutuhan struktural seluruhnya.

$$Log(Wt18) = 9{,}36 \times Log\ (SN + 1) - 0{,}2 + \frac{Log\frac{4{,}2-Pt}{4{,}2-1{,}5}}{0{,}4+\frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} \qquad (3.11)$$

Keterangan :

SN = *Structural Number*,

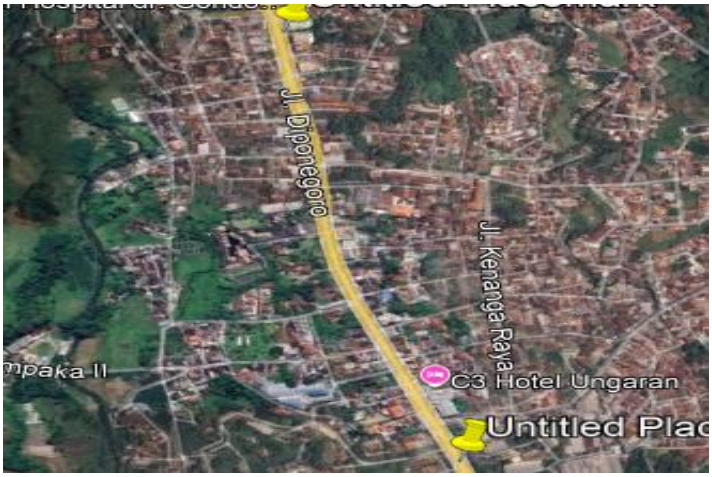
Pt = Indeks permukaan pada akhir umur rencana, dan

Wt18 = Beban lalu lintas selama umur rencana.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada ruas jalan Diponegoro Km 19+645-22+425 Ungaran. Lokasi dipilih karena jalan tersebut digunakan Untuk mendukung aktivitas ekonomi dan mobilitas penduduk di wilayah Jawa Tengah. Gambar lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth 2025)

4.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa prosedur untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan dari pengolahan data. Pada penelitian ini data diperoleh dengan cara mengambil data sekunder yaitu data berat muatan tiap golongan kendaraan berat angkutan barang dari jembatan timbang Bergas, kabupaten Ungaran dan data perencanaan jalan Diponegoro dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-Diy.

4.3 Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan dengan 4 tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap persiapan

   Tahap persiapan penelitian ini dimulai dengan pada perumusan studi masalah mengenai pengaruh beban berlebih terhadap umur rencana perkerasan lentur, kemudian melakukan studi pustaka mengenai perkerasan lentur, jumlah berat kendaraan yang diizinkan, umur rencana, *vehicle damage factor, serviceability,* setelah itu menentukan lokasi penelitian dan melakukan survei tempat pengumpulan data.

2. Tahap pengumpulan data

   Tahap ini berupa kegiatan observasi dan survei dengan pengumpulan data yang berkaitan dengan data yang akan dianalisis pada penelitian ini yang meliputi sebagai berikut.

   a. Penentuan lokasi pengambilan data sekunder

      Lokasi pengambilan data dilakukan di Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Jawa Tengah-DIY dan jembatan timbang Bergas, Ungaran.

   b. Pengambilan data sekunder

      Data sekunder diambil dari jembatan timbang Bergas, Ungaran berupa hasil penimbangan beban berat beban berlebih kendaraan berat, selain itu untuk data perencanaan perkerasan lentur berupa, umur rencana, LHR, jenis perkerasan yang digunakan dan diambil dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Jawa Tengah-DIY.

3. Tahap pengelolahan data

   Tahap pengelolahan data ini data sekunder hasil dari jembatan timbang dan LHR dilakukan perhitungan. Untuk data sekunder hasil penimbangan beban kendaraan tiap kendaraan yang *overload* dihitung berapa persentase kelebihan muatan pada tiap golongan.

4. Tahap penarikan kesimpulan

   Tahapan penarikan kesimpulan yaitu mencakup menulis inti dari laporan penelitian berdasarkan hasil pengolahan data dan aturan yang berlaku. Kesimpulan juga didapat dari teori teori yang digunakan dan dapat

menambah wawasan bagi pembaca.

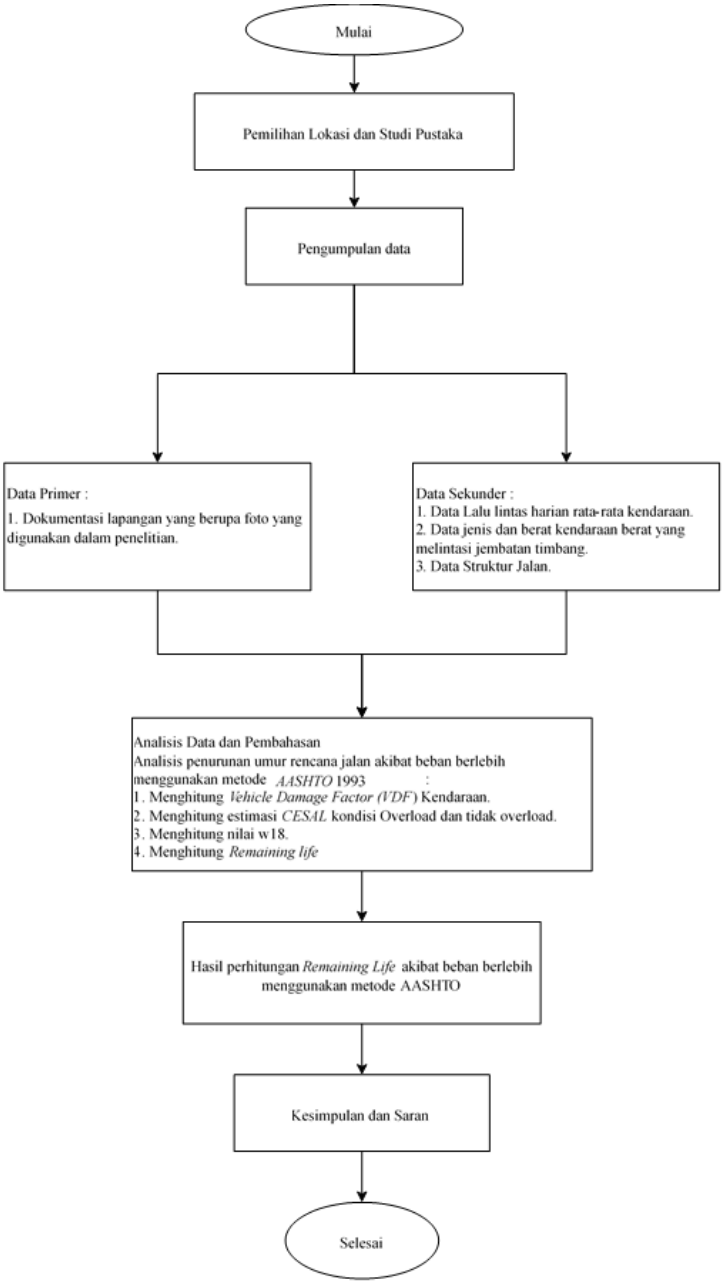
4.4 Analisis Data

Analisis data merupakan usaha yang dilakukan agar merubah data hasil dari penelitian menjadi sebuah informasi yang dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan. Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada metode *AASHTO* 1993. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan pada penelitian ini.

1. Mengidentifikasi jumlah kendaraan *overload* beban rata-rata kendaraan *overload* yang melewati jembatan timbang.
2. Menghitung nilai *Structural Number* perkerasan jalan Diponegoro.
3. Menghitung nilai *vehicle damage factor* (VDF) kendaraan *overload* dan tidak *overload.*
4. Menghitung Nilai pertumbuhan lalu lintas dengan LHR yang didapat
5. Menghitung nilai Estimasi *CESAL* W18 lajur rencana normal.
6. Menghitung nilai Estimasi *CESAL* W18 *overload* lajur rencana.
7. Menghitung nilai *remaining life* (*RL)* untuk masing-masing kondisi dengan menggunakan perbandingan nilai angka kumulatif W18 rencana dan nilai W18 *overload*.
8. Menghitung Nilai *Structural Number* perkerasan dengan menggunakan *CESAL overload.*
9. Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat diambil sebuah kesimpulan.

4.5 *Flowchart* Penelitian

Berikut adalah gambar *flowchart* dari keseluruhan penelitian ini.



Gambar 4. 2 Flowchart Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Evaluasi Penurunan Umur Rencana Jalan

Pada evaluasi penurunan umur rencana jalan ini perlu dilakukan dengan cara menghitung nilai *Cumullative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* pada ruas jalan Diponegoro ruas Bawen-Salatiga menggunakan data-data sekunder yang terdiri dari data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan data kendaraan dengan beban berlebih yang masuk di jembatan timbang Bergas pada tahun 2024. Data-data tersebut diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY dan Balai Pengelola Transportasi Darat Kelas 2 Jawa Tengah.

Perhitungan pada evaluasi penurunan umur rencana jalan yaitu menggunakan metode *AASHTO* 1993. Klasifikasi jalan yang masuk dalam perhitungan yaitu golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c. Pada golongan 1, 2, dan 8 diabaikan karena tidak memberikan beban yang siginifikan pada perkerasan lentur. Evaluasi penurunan umur rencana jalan akan dilakukan dengan 2 asumsi berbeda yaitu semua kendaraan mempunyai beban sumbu standar atau dalam keadaan normal sesuai dengan perencanaan dan semua kendaraan yang mempunyai beban berlebih yang masuk pada jembatan timbang Klepu. Lalu keduanya dilakukan perhitungan nilai *CESAL* perencanaan dan nilai *CESAL Overload*, sehingga nantinya didapatkan penurunan umur rencana jalan akibat beban overload yang melintas pada ruas jalan Diponegoro.

5.2 Analisis Data Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY. Menurut hasil survei lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilakukan oleh pihak Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY pada ruas jalan Diponegoro didapat nilai LHR pada Tahun 2016 sampai dengan 2024 pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) Jalan Diponegoro (Lintas Ungaran-Salatiga)

Golongan Kendaraan	LHR Kendaraan (Tahun)								
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Golongan 3	4.094	4.606	5.163	5.530	5.759	5.879	5.918	6.041	6.248
Golongan 4	3.410	3.675	4.357	4.897	5.229	6.963	11.543	11.622	12.165
Golongan 5a	1.527	1.718	1.997	2.175	2.447	2.753	3.056	3.079	3.289
Golongan 5b	1.344	1.512	1.775	1.934	2.153	2.422	2.479	2.488	2.689
Golongan 6a	1.757	1.865	2.458	2.604	2.815	3.167	3.123	3.281	3.305
Golongan 6b	3.163	3.429	4.148	4.503	5.066	5.699	6.243	6.218	6.527
Golongan 7a	1.586	1.784	2.097	2.168	2.540	2.858	3.171	3.682	3.774
Golongan 7b	398	426	439	468	503	522	581	589	614
Golongan 7c	1.130	1.271	1.497	1.609	1.810	2.036	2.027	2.105	2.377
Total	18.409	20.286	23.931	25.888	28.322	32.299	38.141	39.105	40.988

Sumber : Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DIY

Dari Tabel 5.1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dan penurunan volume lalu lintas dari tahun 2016-2024.

5.2.1 Pertumbuhan Volume Lalu lintas

Pertumbuhan volume lalu lintas di jalan Diponegoro lebih dominan dibandingkan dengan penurunan volume lalu lintas. Dalam memprediksi pertumbuhan lalu lintas pada tahun berikutnya diperlukan perhitungan dengan menggunakan faktor pertumbuhan lalu lintasnya. Berdasarkan data yang diperoleh terdapat data LHR dari tahun 2016-2024 maka diperlukan perhitungan pada tahun berikutnya untuk mencapai umur rencana jalan 10 tahun. Untuk mendapatkan hasil dari pertumbuhan lalu lintas ditahun berikutnya maka dihitung dahulu pertumbuhan lalu lintas dari tahun 2016-2024, Kemudian dihitung rata-rata dari pertumbuhan lalu lintas dari tahun 2016-2024. Berikut adalah perhitungan pertumbuhan lalu lintas menggunakan Persamaan 3.2 di bawah ini.

Pertumbuhan lalu lintas 2016-2017 (Gol.3)

LHRn = 4094 Kendaraan

LHR0 = 4606 Kendaraan

n = 2017-2016 = 1 tahun

$$i = (\sqrt[1]{\frac{LHRn}{LHR0}}) - 1$$

$$i = (\sqrt[1]{\frac{4606}{4094}}) - 1 = 0{,}057 = 5{,}7\%$$

Pertumbuhan lalu lintas 2017-2018 (Gol.3)

LHRn = 4606 Kendaraan

LHR0 = 5163 Kendaraan

n = 2018-2017 = 1 tahun

$$i = (\sqrt[1]{\frac{LHRn}{LHR0}}) - 1$$

$$i = (\sqrt[1]{\frac{5163}{4606}}) - 1 = 0{,}055 = 5{,}5\%$$

Pertumbuhan lalu lintas 2016-2017 (Gol.4)

LHRn = 3410 Kendaraan

LHR0 = 3675 Kendaraan

n = 2017-2016 = 1 tahun

$$i = (\sqrt[1]{\frac{LHRn}{LHR0}}) - 1$$

$$i = (\sqrt[1]{\frac{3675}{3410}}) - 1 = 0{,}036 = 3{,}6\%$$

Pertumbuhan lalu lintas 2017-2018 (Gol.4)

LHRn = 3675 Kendaraan

LHR0 = 4357 Kendaraan

n = 2018-2017 = 1 tahun

$$i = (\sqrt[1]{\frac{LHRn}{LHR0}}) - 1$$

$$i = (\sqrt[1]{\frac{4357}{3675}}) - 1 = 0{,}081 = 8{,}1\%$$

Perhitungan di atas adalah perhitungan pertumbuhan lalu lintas Golongan 3 dam 4 tahun 2016-2018. Berikut adalah hasil rata-rata dari pertumbuhan lalu lintas dari tahun 2016-2024 tabel di bawah ini.

Tabel 5. 2 Rata-rata Pertumbuhan Lalu lintas per golongan 2016-2024

Golongan	2016-2017 (%)	201-2018 (%)	2018-2019 (%)	2019-2020 (%)	2020-2021 (%)	2021-2022 (%)	2022-2023 (%)	2023-2024 (%)	rata-rata
3	6	6	3	2	1	0,8	1	2	3
4	4	8	6	3	13	22	0,4	2	7
5a	5,7	7,2	4,2	5,7	5,7	5,1	0,4	3,2	5
5b	6	8	4	5	6	1	0,5	4	4
6a	3	13	3	4	6	-1	2	0,5	4
6b	4	9	4	4	6	4	0,6	2	4
7a	6	8	2	8	6	11	7	1	6
7b	3	1	3	4	2	5	1	2	3
7c	6	8	4	6	6	0,9	6	6	5

Setelah dilakukan perhitungan rata-rata pertumbuhan volume lalu lintas untuk masing masing golongan kendaraan selama periode 2016-2024, Selanjutnya yaitu menghitung estimasi volume lalu lintas tahun berikutnya dari nilai rata-rata pertumbuhan volume lalu lintas masing masing golongan kendaraan dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini.

$LHR_{2025} = LHR_{2024} + (LHR_{2024} \times i)$

Keterangan:

LHR_{2025} = Lalu Lintas Harian Rata-rata tahun 2025

LHR_{2024} = Lalu Lintas Harian Rata-rata tahun 2024

i = Rata-rata Pertumbuhan lalu lintas tahunan

(Golongan 3):

LHR_{2024} = 6248 (kendaraan/hari)

i = 3%

LHR_{2025} = 6248 + (6248 x 3%)

LHR_{2025} = 6435 (kendaraan/hari)

(Golongan 4):

LHR_{2024} = 12165 (kendaraan/hari)

i = 7%

LHR_{2025} = 12165 + (12165 x 7%)

LHR_{2025} = 13017 (kendaraan/hari)

(Golongan 5a):

LHR_{2024} = 3289 (kendaraan/hari)

i = 5%

LHR_{2025} = 3289 + (3289 x 5%)

LHR_{2025} = 3453 (kendaraan/hari)

Selanjutnya dengan cara yang sama, masing masing golongan dihitungan dengan menggunakan nilai pertumbuhan lalu lintas. Berikut adalah Tabel 5.3 rekapitulasi perhitungan LHR tahun 2025 pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi LHR Kendaraan Tahun 2024-2025

Klasifikasi Kendaraan	LHR (tahun)	
	2024	2025
Golongan 3	6.248	6.435
Golongan 4	12.165	13.017
Golongan 5a	3.289	3.453
Golongan 5b	2.689	2.797
Golongan 6a	3.305	3.437
Golongan 6b	6.527	6.788
Golongan 7a	3.774	4.000
Golongan 7b	614	632
Golongan 7c	2.377	2.496
Total	40.988	43.056

5.3 Analisis Data Jembatan Timbang

Data kendaraan berat yang masuk jembatan timbang diperoleh dari Balai Pengelola Transportasi Darat Kelas 2 Jawa Tengah. Data kendaraan yang masuk jembatan timbang Klepu tahun 2024 telah digolongkan menjadi 7 golongan. Untuk tahun 2022 dan 2023 data kendaraan berat yang masuk jembatan timbang belum digolongkan, maka dari itu data yang diapakai adalah data tahun 2024. Berikut adalah Tabel 5.4 data kendaraan berat yang masuk pada jembatan timbang Klepu tahun 2024.

Tabel 5. 4 Data Kendaraan yang masuk pada Jembatan Timbang Klepu 2024

Rekapitulasi Kendaraan Masuk (2024)		
Golongan	**Kendaraan Pertahun**	**Berat Kendaraan (Kg)**
Golongan 3	9.821	75.845.956
Golongan 4	11.456	89.889.539
Golongan 6a	35.958	292.446.744
Golongan 6b	24.489	358.562.405
Golongan 7a	22.725	492.684.327
Golongan 7b	32.951	785.256.495
Golongan 7c	19.842	495.624.050
Total	157.242	2.570.309.516

Sumber: UPPKB Klepu Ungaran-Semarang 2024

Dari Tabel 5.4 menunjukan banyak kendaraan yang melewati jembatan timbang klepu pada tahun 2024. Setelah itu, dari data kendaraan masuk diklasifikasikan menjadi data kendaraan *overload* dimana kendaraan yang melebihi 5% JBI termasuk dalam kendaraan *overload*. Berikut adalah Tabel 5.5 rekapitulasi kendaraan *overload* pada tahun 2024.

Tabel 5. 5 Data Kendaraan *Overload* pada Jembatan Timbang Klepu 2024

Rekapitulasi Kendaraan *Overload* (2024)		
Golongan	**Kendaraan Pertahun**	**Berat Kendaraan (Kg)**
Golongan 3	4.961	30.158.638
Golongan 4	6.295	75.926.959
Golongan 6a	10.801	215.611.686
Golongan 6b	14.230	295.290.123
Golongan 7a	11.325	372.298.795
Golongan 7b	18.616	589.256.495
Golongan 7c	3.842	138.624.050
Total	70.070	1.717.166.746

Sumber: UPPKB Klepu Semarang 2024

Dari Tabel 5.5 menunjukkan banyaknya jumlah kendaraan *overload* dan beratnya pada tahun 2024 dan dapat diketahui rasio kendaraan masuk dengan kendaraan *overload* sebesar 44% dihitung dari perbandingan kendaraan masuk dengan kendaraan *overload* sebagai berikut.

$$Tingkat\ pelanggaran\ (\%) = \left(\frac{jumlah\ kendaraan\ melanggar}{Total\ kendaran\ masuk}\right) \times 100\%$$

$$Tingkat\ pelanggaran\ (\%) = \left(\frac{70.070}{157.242}\right) \times 100\% = 44\%$$

Dari data tersebut kemudian dihitung untuk mengetahui berat rata-rata kendaraan *overload* tiap golongan. Berikut contoh perhitungan berat rata-rata kendaraan *overload* tiap golongan.

Berat rata-rata (Gol.3) = jumlah kendaraan /1.000/ berat kendaraan *overload*

Berat rata-rata (Gol.3) = 4.961 / 1.000 / 30.158.638

Berat rata-rata (Gol.3) = 6,08 Ton/hari

Berat rata-rata (Gol.4) = jumlah kendaraan /1.000/ berat kendaraan *overload*

Berat rata-rata (Gol.4) = 6.295 / 1.000 / 75.926.959

Berat rata-rata (Gol.4) = 12.06 Ton/hari

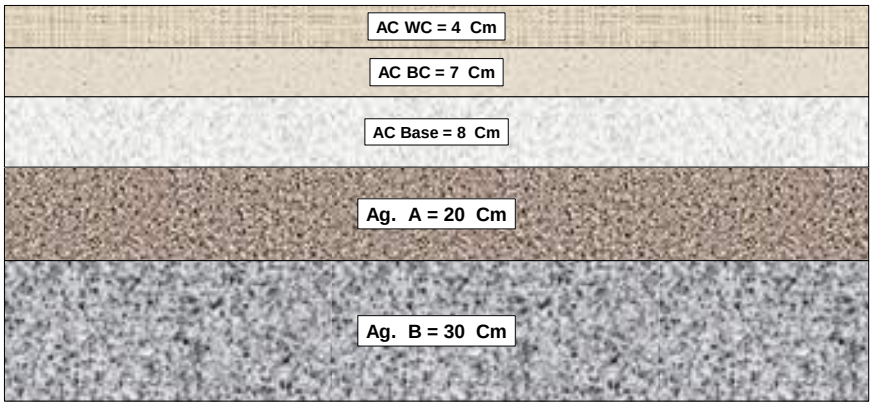
Dari perhitungan di atas didapatkan berat rata-rata kendaraan per-golongan. Berikut adalah hasil dari berat rata-rata kendaraan berat pada Tabel 5.6 di bawah ini

Tabel 5. 6 Berat Rata-rata Kendaraan *Overload*

Berat Rata-rata per-kendaraan *Overload*		
Golongan	**Kg**	**Ton**
Golongan 3	6.079,1	6,08
Golongan 4	12.061,5	12,06
Golongan 6a	19.962,2	19,96
Golongan 6b	20.751,2	20,75
Golongan 7a	32.874,1	32,87
Golongan 7b	31.653,2	31,65
Golongan 7c	36.081,2	36,08

5.4 Analisis *Structure Number* berdasarkan Tebal Lapisan Perkerasan

Pada jalan Diponegoro telah diketahui tebal perkerasan lentur dapat dilihat dalam Gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5. 1 Tebal Perkerasan Lentur jalan Diponegoro

Dengan diketahui tebal perkerasan lentur pada Jalan Diponegoro diubah menjadi satuan *Inch* karena menggunakan Metode *AASHTO* 1993 maka dibutuhkan perhitungan *Structural Number*. *Structural Number* merupakan Nilai yang mewakili kemampuan struktural suatu lapisan perkerasan aspal atau seluruh perkerasan dalam menahan beban lalu lintas. Nilai *Structural Number* dihitung dengan menjumlahkan kontribusi struktural dari setiap lapisan perkerasan dengan mempertimbangkan koefisien lapisan dan faktor drainase. Nilai faktor drainase diasumsikan dengan nilai 1 di lapisan aspal karena dianggap *impermeable* dan lapisan *granular* (agregat base kelas A dan B) nilai faktor drainase base kelas A= 0,9 (drainase sedang/baik), base Kelas B=0,8 (drainase sedang/kurang), karena tidak tersedia data uji lapangan. Nilai koefisien umum pada lapisan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 7 Nilai Referensi Umum untuk Koefisien Lapisan

Nilai Koefisien Umum		
Jenis Material	**Koefisien Lapisan (a)**	**Keterangan**
AC–WC (*Wearing Course)*	0,44 – 0,45	Aspal kualitas tinnggi, permukaan
AC-BC (*binder Course*)	0,40 – 0,42	Aspal menengah, lapisan pengikat
AC-Base	0,36 – 0,36	Aspal pada bagian bawah
Agregat Kelas A	0,14 – 0,15	Batu pecah, agregat berkualitas tinggi
Agregat Kelas B	0,11 – 0,12	Sirtu, laterit, kualitas sedang-rendah

Sumber: AASHTO Guide (1993), Manual Bina Marga (2017)

Setelah diketahui koefisien lapisan dan tebal perkerasan pada jalan Diponegoro, selanjutnya menghitung nilai *Structural Number* menggunakan Persamaan 3.10 berikut ini.

$$SN = \Sigma (\alpha_i \times D_i \times m_i) \quad (3.10)$$

Keterangan :

SN = *Structural Number*,

α_i = koefisien lapisan (*layer coefficient*),

D_i = tebal lapisan (dalam satuan Inch), dan

m_i = faktor drainase (diasumsikan m_i=1).

Lapisan Perkerasan 1 (AC-WC)

AC-WC = 4 / 2.54 = 1.57 (dalam satuan Inch)

SN = 0.44 x 1.57 x 1 = 0.69

Lapisan Perkerasan 2 (AC-BC)

AC-BC = 7 / 2.54 = 2.76 (dalam satuan *Inch*)

SN = 0.40 x 2.76 x 1 = 1.1

Dengan menggunakan cara yang sama untuk mencari nilai *AC-Base* sampai dengan Agregat kelas B dan disajikan pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Nilai *Structural Number* pada Jalan Diponegoro

Lapisan perkerasan	*Layer coeff*	Tebal Perkerasan		Faktor drainase (mi)	*Structural Number*
		Cm	Inch		
AC Wearing course	0,44	4,00	1,57	1,00	0,69
AC Binder Course	0,40	7,00	2,76	1,00	1,10
AC Base	0,36	8,00	3,15	1,00	1,13
Ag.Base Klas A	0,14	20,00	7,87	0,90	0,99
Ag.Base Klas B	0,11	30,00	11,81	0,80	1,04
Total					4,96

5.5 Faktor Angka Ekivalen Kendaraan atau *Vehicle Damage Factor (VDF)*

Berdasarkan data muatan berlebih dari setiap golongan kendaraan, dapat dihitung nilai *Vehicle Damage Factor (VDF)* untuk perhitungan *CESA Overload*

dan CESA normal untuk kendaraan dengan muatan tidak berlebih. Perhitungan untuk (kendaraan kondisi overload) dilakukan dengan menjumlahkan *LEF (Load Equivalency Factor)* Gandar depan dan belakang dengan memperhitungkan nilai SN (*Structural Number)* dan nilai *Terminal Serviceability* (Pt) yaitu 2.5 karena berdasarkan jalan utama, arteri, dan jalan tol dengan volume tinggi. Nilai VDF ini hanya dihitung untuk kendaraan yang termasuk dalam golongan 3, 4, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c yang tercatat dalam jembatan timbang Klepu. Berikut adalah perhitungan nilai *Vehicle Damage Factor (VDF)* setiap golongan menggunakan Persamaan 3.4 di bawah ini.

Kendaran golongan 3 terdiri dari pick up atau mobil angkutan barang. Perhitungan *VDF Overload* pada kendaraan golongan 3 ini menggunakan beban *Overload* yang diambil dari jembatan timbang Klepu dan dihitung menggunakan persamaan berikut ini dengan diubah menjadi satuan kips.

a. Gandar depan

SN = 4,96 (Tabel 5.7)

Pt = 2,5

L1s = 18 Kips

L2s = 1 *Single Axle*

L1x = 6,08 T x 2,20462 pound (lb)

= 13,4 x 50% dengan sumbu 1.1 (dalam satuan kips)

= 6,7 kips

L2x =1 *Single Axle*

Gt $= LOG[\frac{4,2-\mathrm{Pt}}{4,2-1,5}]$

$= LOG\,[\frac{4,2-2,5}{4,2-1,5}]$

= - 0,20091

$\beta_{18} = 0,4 + [\frac{0,081(\mathrm{L1s}+\mathrm{L2s})^{3,23}}{(\mathrm{SN}+1)^{5,19}x\,(1)^{3,23}}]$

$= 0,4 + [\frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(4,96+1)^{5,19}x\,(1)^{3,23}}]$

β_{18} = 0,5035

$\beta_{x} = 0,4 + [\frac{0,081(\mathrm{L1x}+\mathrm{L2x})^{3,23}}{(\mathrm{SN}+1)^{5,19}x\,(1)^{3,23}}]$

$= 0{,}4 + [\frac{0{,}081(6.7+1)^{3{,}23}}{(4{,}96+1)^{5{,}19}x\,(1)^{3{,}23}}]$

$\beta_x = 0{,}4056$

$\frac{Wtx}{Wt18} = [\frac{\text{L1s+L2s}}{\text{L1x+L2x}}]^{4{,}79} x [\frac{10^{\frac{Gt}{\beta x}}}{10^{\frac{Gt}{\beta 18}}}] x (L2x)^{4{,}33}$

$= [\frac{18+1}{6{,}7+1}]^{4{,}79} x [\frac{10^{\frac{-0{,}2009}{0{,}4056}}}{10^{\frac{-0{,}2009}{0{,}5035}}}] x (1)^{4{,}33}$

$= 60{,}6168$

$\text{LEF} = 1 / \frac{Wtx}{Wt18}$

$= 1 / 60{,}6168$

$= 0{,}0165$ *ESAL*

b. Gandar belakang

Dengan menggunakan cara yang sama dari *LEF* gandar depan untuk mencari *LEF* untuk gandar belakang maka hasilnya adalah 0,0165 *ESAL*, maka didapatkan nilai *VDF overload* dari golongan 3 adalah *LEF* gandar depan ditambah dengan *LEF* gandar belakang yaitu sebesar 0,033 *ESAL*.

Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk golongan 4, 6a, 6b, 7a, 7b dan 7c. Dari perhitungan *VDF* kendaran tiap golongan dengan kondisi *overload* yang masuk Jembatan Timbang Klepu juga dihitung *VDF* normal (dalam kondisi muatan tidak berlebih) dengan cara yang sama dengan perhitungan *VDF overload* namun dengan beban yang tidak berlebih. Setelah, didapatkan nilai *VDF* normal (dalam kondisi muatan tidak berlebih) dapat dibandingkan dengan *VDF overload*. Perbandingan nilai *VDF overload* dan *VDF* normal dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5. 9 Perbandingan Nilai *VDF Overload* dan Normal

Perbandingan Nilai *VDF Overload* & Normal		
Klasifikasi Kendaraan	***VDF* Standar**	***VDF Overload***
Golongan 3	0,0006	0,0330
Golongan 4	0,0181	0,5817
Golongan 5a	0,0862	0,0862
Golongan 5b	0,0473	0,0473
Golongan 6a	0,1274	4,3617
Golongan 6b	0,3259	0,9546
Golongan 7a	2,0123	5,1103
Golongan 7b	1,1340	1,5313
Golongan 7c	1,7170	2,1807

5.6 Analisa *CESAL* Berdasarkan Kondisi Muatan

Dalam analisis *CESAL* harus memperhatikan kondisi muatan kendaraan yaitu kondisi normal dan *overload* yang menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai *Equivalent Single Axle Load (ESAL).* Dua kondisi ini yang akan memberikan gambaran mengenai dampak beban lalu lintas terhadap struktur dan umur rencana jalan. Penjelasan mengenai hasil perhitungan CESAL akan dijelaskan pada masing-masing kondisi di bawah ini.

5.6.1 Analisis *CESAL* dalam Kondisi Normal (Tidak *Overload*)

Dalam kondisi Normal atau kondisi kendaraan muatan tidak berlebih pada jalan Diponegoro dengan umur rencana jalan 10 tahun, nilai *Vehicle Damage Factor (VDF)* dalam perhitungan *CESAL* disesuaikan dengan kondisi lapangan atau muatan normal yang terjadi pada jembatan timbang. Dalam hal ini dapat diasumsikan bahwa kendaraan yang melintasi jalan Diponegoro berada dalam kondisi normal sesuai dengan ketentuan.

Sebelum perhitungan nilai *CESAL* tahunan, tahap yang harus dilakukan adalah mengubah data LHR dari kondisi dua arah dua lajur menjadi lalu lintas ekivalen satu lajur rencana. Sehingga, dihitung menggunakan Persamaan 3.7 di bawah ini.

$$LHR_{\text{lajur rencana}} = (\Sigma LHR_{total} \times DD \times DL)$$

LHR Gol.3 lajur rencana = (4094 x 0,5 x 0,8)

LHR Gol.3 lajur rencana = 1638 kendaraan/hari

LHR lajur rencana ini dihitung untuk mengetahui volume lalu lintas kendaraan yang melewati satu lajur searah difokuskan pada lajur rencana sehingga LHR lajur rencana ini dapat menjadi komponen penting dalam menghitung beban lalu lintas ekivalen yang bekerja pada sumbu kendaraan. Setelah dilakukan perhitungan LHR lajur rencana, dilakukan perhitungan *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* tahunan dilakukan menggunakan Persamaan di bawah ini.

ESAL = (ΣLHRlajur rencana x *VDF* Normal)

ESAL Gol.3 = (1638 x 0,0006)

ESAL Gol.3 = 0,4589

ESAL Gol.4 = (1364 x 0,0286)

ESAL Gol.4 = 31,24

Perhitungan nilai *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* tahun 2016-2025 dilakukan pada golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c dengan menggunakan persamaan diatas. Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan nilai *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* harian pada tahun 2016-2025

Tabel 5. 10 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2016

Golongan	**LHR lajur rencana W18**	***VDF***	***ESAL***
3	1638	0,0006	0,9681
4	1364	0,0181	24,6825
5a	611	0,0862	52,6735
5b	538	0,0473	25,4433
6a	703	0,1274	89,5668
6b	1265	0,3259	412,3145
7a	634	2,0123	1276,5964
7b	159	1,1340	180,5399
7c	452	1,7170	776,1059
Total ESAL			2.838,89
*Kumulatif ESAL (ESAL/th) * 365*			1.036.195,19

Tabel 5. 11 Nilai Estimasi *CESAL* Kondisi Normal Tahun 2017

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	1842	0,0006	1,0892
4	1470	0,0181	26,6006
5a	687	0,0862	59,2620
5b	605	0,0473	28,6237
6a	746	0,1274	95,0724
6b	1372	0,3259	446,9891
7a	714	2,0123	1.435,9697
7b	170	1,1340	193,2412
7c	508	1,7170	872,9474
Total *ESAL*			3.159,79
Kumulatif *ESAL (ESAL/th)* * 365			1.153.325,28

Tabel 5. 12 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2018

Golongan	LHR lajur rencana W18	VDF	ESAL
3	2065	0,0006	1,2209
4	1743	0,0181	31,5371
5a	799	0,0862	68,8860
5b	710	0,0473	33,6025
6a	983	0,1274	125,3018
6b	1659	0,3259	540,7147
7a	839	2,0123	1.687,9083
7b	176	1,1340	199,1383
7c	599	1,7170	1.028,1686
Total *ESAL*			3.716,48
Kumulatif *ESAL (ESAL/th)* * 365			1.356.514,58

Tabel 5. 13 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2019

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2212	0,0006	1,3077
4	1959	0,0181	35,4458
5a	870	0,0862	75,0261
5b	774	0,0473	36,6126
6a	1042	0,1274	132,7445
6b	1801	0,3259	586,9909
7a	867	2,0123	1.745,0574
7b	187	1,1340	212,2932
7c	644	1,7170	1.105,0924
Total *ESAL*			3.930,57
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*			1.434.658,21

Tabel 5. 14 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2020

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2304	0,0006	1,3619
4	2092	0,0181	37,8489
5a	979	0,0862	84,4086
5b	861	0,0473	40,7585
6a	1126	0,1274	143,5006
6b	2026	0,3259	660,3810
7a	1016	2,0123	2.044,4860
7b	201	1,1340	228,1698
7c	724	1,7170	1.243,1431
Total *ESAL*			4.484,06
Kumulatif *ESAL (ESAL/th)* * 365			1.636.681,34

Tabel 5. 15 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2021

Golongan	LHR lajur rencana W18	VDF	ESAL
3	2352	0,0006	1,3903
4	2785	0,0181	50,4
5a	1101	0,0862	94,964
5b	969	0,0473	45,8509
6a	1267	0,1274	161,4446
6b	2280	0,3259	742,8961
7a	1143	2,0123	2.300,4492
7b	209	1,1340	236,7886
7c	814	1,7170	1.398,3643
Total *ESAL*			5.032,55
Kumulatif *ESAL (ESAL/th)* * 365			1.836.880

Tabel 5. 16 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2022

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2367	0,0006	1,3995
4	4617	0,0181	83,5513
5a	1222	0,0862	105,4159
5b	992	0,0473	46,9300
6a	1249	0,1274	159,2016
6b	2497	0,3259	813,8095
7a	1268	2,0123	2.552,3879
7b	232	1,1340	263,5520
7c	811	1,7170	1.392,1829
Total *ESAL*			5.418,43
Kumulatif *ESAL (ESAL/th)* * 365			1.977.727,14

Tabel 5. 17 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2023

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2416	0,0006	1,4286
4	4649	0,0181	84,1231
5a	1232	0,0862	106,2093
5b	995	0,0473	47,1004
6a	1312	0,1274	167,2560
6b	2487	0,3259	810,5506
7a	1473	2,0123	2.963,6998
7b	236	1,1340	267,1810
7c	842	1,7170	1.445,7548
Total *ESAL*			5.893,3
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*			2.151.055,77

Tabel 5. 18 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2024

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2499	0,0006	1,4775
4	4866	0,0181	88,0535
5a	1316	0,0862	113,4532
5b	1076	0,0473	50,9055
6a	1322	0,1274	168,4794
6b	2611	0,3259	850,8304
7a	1510	2,0123	3.037,7521
7b	246	1,1340	278,5214
7c	951	1,7170	1.632,5697
Total *ESAL*			6.222,04
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*			2.271.045,59

Tabel 5. 19 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi Normal Tahun 2025

Golongan	LHR lajur rencana W18	*VDF*	*ESAL*
3	2574	0,0006	1,5219
4	5207	0,0181	94,2172
5a	1381	0,0862	119,1258
5b	1119	0,0473	52,9417
6a	1375	0,1274	175,2186
6b	2715	0,3259	884,8636
7a	1600	2,0123	3220,0172
7b	253	1,1340	286,8771
7c	998	1,7170	1714,1982
Total *ESAL*			6.548,98
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*			2.390.378,18

5.5.2 Analisis *CESAL* Pada Kondisi *Overload*

Perhitungan *Vehicle Damage Factor (VDF)* dalam analisis *Cumulative*

Equivalent Single Axle Load (CESAL) tidak lagi dapat didasarkan pada nilai standar. Hal ini disebabkan karena kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa banyak kendaraan yang melanggar aturan batas beban muatan, sehingga distribusi beban pada sumbu kendaraan menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya. Akibatnya, setiap kendaraan dengan muatan berlebih memberikan kontribusi kerusakan yang jauh lebih besar terhadap lapisan perkerasan jalan dibandingkan kendaraan dengan muatan sesuai ketentuan.

Sebelum perhitungan nilai *CESAL* tahunan, tahap yang harus dilakukan adalah mengubah data LHR dari kondisi dua arah dua lajur menjadi lalu lintas ekivalen satu lajur rencana. Sehingga, dihitung menggunakan Persamaan di bawah ini.

LHR lajur rencana = (Σ LHR_{total} x DD x DL)

LHR Gol.3 lajur rencana = (4094 x 0,5 x 0,8)

LHR Gol.3 lajur rencana = 1638 kendaraan/hari

LHR lajur rencana ini dihitung untuk mengetahui volume lalu lintas kendaraan yang melewati satu lajur searah difokuskan pada lajur rencana sehingga LHR lajur rencana ini dapat menjadi komponen penting dalam menghitung beban lalu lintas ekivalen yang bekerja pada sumbu kendaraan. Setelah dilakukan perhitungan LHR lajur rencana, dilakukan perhitungan *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* tahunan dilakukan menggunakan Persamaan di bawah ini.

ESAL gol.3 tanpa *overload* = (ΣLHRlajur rencana x *VDF* Normal)

= (1624 x 0,0007)

= 1,1904

ESAL Gol.3 *overload* = (ΣLHRlajur rencana x *VDF overload*)

= (14 x 0,0626)

= 0,8504

ESAL Gol.3 = *ESAL* gol.3 tanpa *overload* + *ESAL* Gol.3 *overload*

= 1,1904 + 0,8504

= 2,0408

Perhitungan nilai *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* kondisi *overload* pada tahun 2016-2025 dilakukan pada golongan 3, 4, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, dan 7c dengan menggunakan persamaan di atas. Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan nilai *Equivalent Single Axle Load (ESAL)* harian pada tahun 2016-2025.

Tabel 5. 20 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2016

Golongan	**LHR lajur rencana**	**Kendaraan Melanggar /hari**	**Kendaraan Tidak Melanggar /hari**	***VDF***		***ESAL Overload***	***ESAL* Tanpa *Overload***	***ESAL***
				Normal	***Overload***			
3	1638	14	1624	0,001	0,033	0,45	0,96	1,41
4	1364	17	1347	0,018	0,5817	10,03	24,37	34,40
5a	611	0	611	0,086	0,086	0,00	52,67	52,67
5b	538	0	538	0,047	0,0473	0,00	25,44	25,44
6a	703	30	673	0,127	4,3617	129,07	85,80	214,87
6b	1265	39	1226	0,326	0,9546	37,21	399,61	436,82
7a	634	31	603	2,012	5,1103	158,56	1214,2	1372,72
7b	159	51	108	1,134	1,5313	78,10	122,70	200,80
7c	452	11	441	1,717	2,1807	22,95	758,03	780,99
Total *ESAL*								3.120,12
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								1.138.844,76

Tabel 5. 21 Nilai *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2017

Golongan	**LHR lajur rencana**	**Kendaraan Melanggar /hari**	**Kendaraan Tidak Melanggar /hari**	***VDF***		***ESAL Overload***	**ESAL Tanpa Overload**	***ESAL***
				Normal	***Overload***			
3	1842	20	1823	0,001	0,033	0,65	1,08	1,72
4	1470	25	1445	0,018	0,5817	14,45	26,15	40,60
5a	687	0	687	0,086	0,086	0,00	59,26	59,26
5b	605	0	605	0,047	0,0473	0,00	28,62	28,62
6a	746	43	703	0,127	4,3617	185,86	89,64	275,50
6b	1372	56	1315	0,326	0,9546	53,59	428,69	482,28
7a	714	45	669	2,012	5,1103	228,33	1346,1	1574,39
7b	170	73	97	1,134	1,5313	112,46	109,95	222,41
7c	508	15	493	1,717	2,1807	33,05	846,92	879,97
Total *ESAL*								3.564,77
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								1.301.140,67

Tabel 5. 22 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2018

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar/ hari	Kendaraan Tidak Melanggar/ hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa Overload	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2065	28	2037	0,001	0,0330	0,93	1,20	2,13
4	1743	36	1707	0,018	0,5817	20,80	30,89	51,69
5a	799	0	799	0,086	0,086	0,00	68,89	68,89
5b	710	0	710	0,047	0,0473	0,00	33,60	33,60
6a	983	61	922	0,127	4,3617	267,64	117,48	385,12
6b	1659	81	1578	0,326	0,9546	77,17	514,37	591,54
7a	839	64	774	2,012	5,1103	328,79	1558,4	1887,23
7b	176	81	95	1,134	1,5313	123,71	107,52	231,23
7c	599	22	577	1,717	2,1807	47,60	990,69	1038,29
Total *ESAL*								4.289,72
Kumulatif *ESAL (CESAL) * 365*								1.565.748,4

Tabel 5. 23 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2019

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa Overload	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2212	41	2171	0,001	0,033	1,34	1,28	2,62
4	1959	51	1907	0,018	0,5817	29,96	34,51	64,47
5a	870	0	870	0,086	0,086	0,00	75,03	75,03
5b	774	0	774	0,047	0,047	0,00	36,61	36,61
6a	1042	88	953	0,127	4,3617	385,40	121,48	506,88
6b	1801	116	1685	0,326	0,9546	111,12	549,05	660,18
7a	867	84	775	2,012	5,1103	473,46	1558,6	2032,08
7b	187	97	90	1,134	1,5313	148,45	102,35	250,8
7c	644	31	612	1,717	2,1807	68,54	1051,1	1119,66
Total *ESAL*								4.748,34
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								1.733.143,83

Tabel 5. 24 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2020

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2304	58	2245	0,001	0,0330	1,93	1,33	3,26
4	2092	74	2017	0,018	0,5817	43,14	36,51	79,65
5a	979	0	979	0,086	0,086	0,00	84,41	84,41
5b	861	0	861	0,047	0,047	0,00	40,76	40,76
6a	1126	127	999	0,127	4,3617	554,98	127,28	682,26
6b	2026	168	1859	0,326	0,9546	160,02	605,75	765,77
7a	1016	133	883	2,012	5,1103	681,78	1776,1	2457,8
7b	201	107	95	1,134	1,5313	163,29	107,23	270,53
7c	724	45	679	1,717	2,1807	98,7	1165,4	1264,13
Total *ESAL*								5.648,55
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								2.061.721,79

Tabel 5. 25 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2021

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2352	84	2267	0,001	0,0330	2,78	1,34	4,12
4	2785	107	2678	0,018	0,5817	62,12	48,47	110,59
5a	1101	0	1101	0,086	0,086	0,00	94,96	94,96
5b	969	0	969	0,047	0,047	0,00	45,85	45,85
6a	1267	183	1084	0,127	4,3617	799,17	138,09	937,26
6b	2280	241	2038	0,326	0,9546	230,43	664,23	894,65
7a	1143	192	951	2,012	5,1103	981,76	1913,9	2895,62
7b	209	119	89	1,134	1,5313	182,89	101,34	284,23
7c	814	65	749	1,717	2,1807	142,12	1286,5	1428,58
Total *ESAL*								6.695,86
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								2.443.990,74

Tabel 5. 26 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2022

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2367	121	2246	0,001	0,033	4,00	1,33	5,33
4	4617	154	4463	0,018	0,581	89,45	80,77	170,22
5a	1222	0	1222	0,086	0,086	0,00	105,4	105,4
5b	992	0	992	0,047	0,047	0,00	46,93	46,93
6a	1249	264	985	0,127	4,362	1150	125,6	1276,37
6b	2497	348	2150	0,326	0,955	331,8	700,5	1032,34
7a	1268	277	992	2,012	5,110	1413	1995	3409,44
7b	232	131	101	1,134	1,531	201,2	114,6	315,74
7c	811	94	717	1,717	2,181	204,7	1231	1435,69
Total *ESAL*								7.797,48
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								2.846.079,06

Tabel 5. 27 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2023

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2416	175	2242	0,001	0,0330	5,76	1,33	7,08
4	4649	221	4427	0,018	0,5817	128,81	80,12	208,93
5a	1232	0	1232	0,086	0,086	0,00	106,21	106,21
5b	995	0	995	0,047	0,047	0,00	47,10	47,10
6a	1312	380	932	0,127	4,3617	1657,2	118,84	1775,98
6b	2487	501	1987	0,326	0,9546	477,81	647,43	1125,24
7a	1473	398	1074	2,012	5,1103	2035,8	2162,1	4197,85
7b	236	171	65	1,134	1,5313	261,53	73,49	335,02
7c	842	135	707	1,717	2,1807	294,71	1213,7	1508,41
Total *ESAL*								9.311,82
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								3.398.815,84

Tabel 5. 28 Nilai Estimasi *ESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2024

Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar /hari	Kendaraan Tidak Melanggar /hari	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2499	251	2248	0,001	0,0330	8,29	1,33	9,62
4	4866	319	4547	0,018	0,5817	185,49	82,28	267,78
5a	1316	0	1316	0,086	0,086	0,00	113,45	113,45
5b	1076	0	1076	0,047	0,047	0,00	50,91	50,91
6a	1322	547	775	0,127	4,3617	2386,3	98,75	2485,05
6b	2611	721	1890	0,326	0,9546	688,05	615,93	1303,98
7a	1510	574	936	2,012	5,1103	2931,5	1883,4	4814,93
7b	246	205	41	1,134	1,5313	313,84	46,09	359,93
7c	951	195	756	1,717	2,1807	424,38	1298,4	1722,79
Total *ESAL*								11.128,43
Kumulatif *ESAL (ESAL/th) * 365*								4.061.877,14

Tabel 5. 29 Nilai Estimasi *CESAL* Kondisi *Overload* Tahun 2025

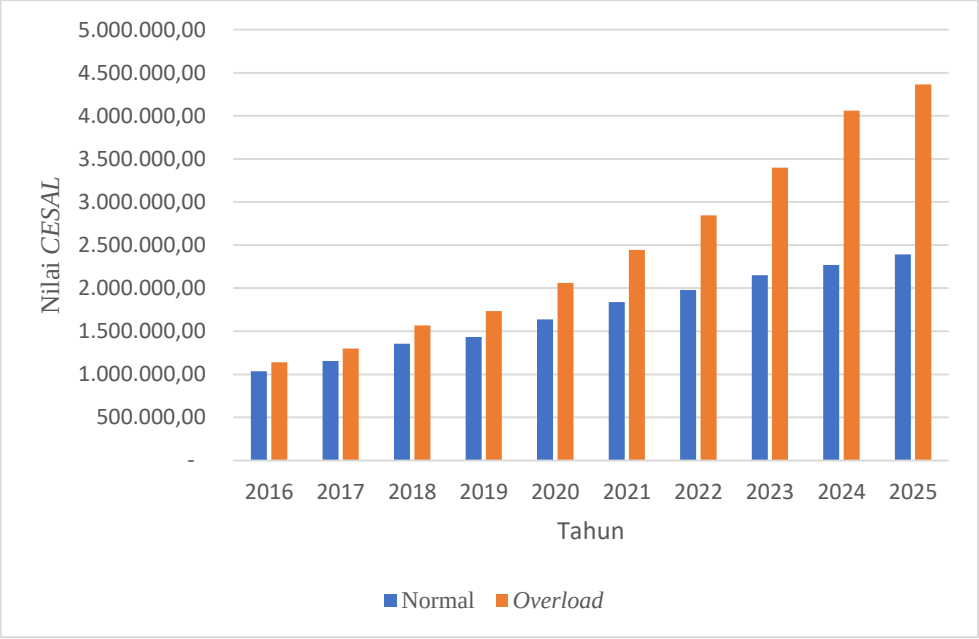
Golongan	LHR lajur rencana	Kendaraan Melanggar	Kendaraan Tidak Melanggar	*VDF*		*ESAL Overload*	*ESAL* Tanpa *Overload*	*ESAL*
				Normal	*Overload*			
3	2574	276	2298	0,001	0,0330	9,12	1,36	10,48
4	5207	351	4856	0,018	0,5817	204,04	87,87	291,91
5a	1381	0	1381	0,086	0,086	0,00	119,13	119,13
5b	1119	0	1119	0,047	0,047	0,00	52,94	52,94
6a	1375	602	773	0,127	4,3617	2624,9	98,52	2723,45
6b	2715	793	1922	0,326	0,9546	756,85	626,47	1383,33
7a	1600	631	969	2,012	5,1103	3224,7	1950,2	5174,91
7b	253	239	13	1,134	1,5313	376,61	7,96	384,57
7c	998	214	784	1,717	2,1807	466,81	1346,6	1813,44
Total *ESAL*								11.954,15
Kumulatif *ESAL (CESAL) * 365*								4.363.264,35

Setelah menghitung nilai estimasi beban lalu lintas ekivalen (*CESAL*) dalam kondisi normal dan *overload* di setiap tahun dalam jangka 10 tahun, maka didapatkan pada tabel dibawah ini. Pada tabel di bawah ini dapat menunjukkan perbedaan nilai (*CESAL*) dalam kondisi normal dan *overload.* Berikut adalah perbedaan nilai (*CESAL*) di jalan Diponegoro dalam kondisi normal dan *overload.*

Tabel 5. 30 Perbandingan Nilai Estimasi *CESAL* Normal dan *Overload*

Tahun	*CESAL*	
	Normal	***Overload***
2016	1.036.195,19	1.138.844,76
2017	1.153.325,28	1.301.140,67
2018	1.356.514,58	1.565.748,40
2019	1.434.658,21	1.733.143,83
2020	1.636.681,34	2.061.721,79
2021	1.836.880,00	2.443.990,74
2022	1.977.727,14	2.846.079,06
2023	2.151.055,77	3.398.815,84
2024	2.271.045,59	4.061.877,14
2025	2.390.378,18	4.363.264,35

Dari tabel diatas dapat diketahui seberapa perbedaan dari nilai estimasi (*CESAL*) pada kondisi normal dan *overload* dari tahun 2016-2025. Untuk memudahkan menganalisis pertumbuhan beban lalu lintas ekivalen tahun 2016-2025, dari tabel diatas akan disajikan kembali dalam format grafik batang. Grafik ini juga disajikan untuk menunjukkan pola perkembangan beban lalu lintas ekuivalen dari tahun 2016 hingga 2025 secara lebih terstruktur. Berikut adalah grafik perbedaan nilai estimasi (*CESAL*) pada kondisi normal dan *overload*.



Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Nilai *CESAL* Normal dan *Overload*

5.7 Nilai W18 Aktual dan Akumulasi kondisi Normal dan *Overload*

Nilai W18 aktual merupakan jumlah beban lalu lintas tahunan yang dinyatakan dalam satuan ekuivalen sumbu standar (*ESAL*), yang diperoleh dari perhitungan volume kendaraan per-tahun dalam kondisi normal maupun *overload*. Nilai ini menunjukkan seberapa besar beban yang diterima pada perkerasan jalan setiap tahunnya, sesuai dengan data lalu lintas aktual serta faktor beban kendaraan yang digunakan dalam analisis. Sedangkan, nilai W18 akumulasi merupakan total penjumlahan seluruh nilai W18 aktual sejak awal tahun umur rencana hingga akhir.

Setelah didapatkan nilai W18 aktual yang telah tersaji pada Tabel 5.28 untun setiap tahun pada kondisi normal dan *overload*, selanjutnya yaitu menghitung W18 akumulasi. untuk perhitungan W18 akumulasi untuk setiap tahun pada kondisi normal dan *overload* dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.12 dibawah ini.

$$W18_{akumulasi}\ 2017 = W18_{akumulasi\ n-1} + W18_{aktual\ n}$$
$$= \text{akumulasi 2016} + \text{aktual 2017}$$
$$= 1.036.195,19 + 1.153.325,28$$
$$W18_{akumulasi}\ 2017 = 2.189.520,47$$

Perhitungan nilai W18 akumulasi tiap tahun dari awal umur rencana hingga akhir untuk kondisi normal dan *overload* menggunakan pendekatan yang sama seperti metode perhitungan untuk akumulasi tahun 2017 diatas. Hasil perhitungan dari semua tahun pada kondisi normal dan *overload* tersebut disajikan dalam Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.31 Rekapitulasi W18 Aktual dan Akumulasi kondisi Normal dan *Overload*

Tahun	W18 Kondisi Normal		W18 Kondisi Overload	
	Aktual	Akumulasi	Aktual	Akumulasi
2016	1.036.195,19	1.036.195,19	1.138.844,76	1.138.844,76
2017	1.153.325,28	2.189.520,47	1.301.140,67	2.439.985,43
2018	1.356.514,58	3.546.035,06	1.565.748,40	4.005.733,84
2019	1.434.658,21	4.980.693,26	1.733.143,83	5.738.877,66
2020	1.636.681,34	6.617.374,60	2.061.721,79	7.800.599,45
2021	1.836.880,00	8.454.254,60	2.443.990,74	10.244.590,19
2022	1.977.727,14	10.431.981,74	2.846.079,06	13.090.669,25
2023	2.151.055,77	12.583.037,52	3.398.815,84	16.489.485,09
2024	2.271.045,59	14.854.083,11	4.061.877,14	20.551.362,23
2025	2.390.378,18	17.244.461,29	4.363.264,35	24.914.626,58

5.8 Analisis Penurunan Umur Perkerasan (*Remaining Life*)

Jalan pada masa umur rencana dapat berkurang karena faktor beban berlebih yang melintasi jalan tersebut. Dengan Mengetahui sisa umur perkerasan *(Remaining Life)* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sisa umur rencana jalan yang di sebabkan oleh beban berlebih dan membandingkan dengan umur rencana jalan dalam keadaan normal. Umumnya, masa layan suatu jalan harusnya berakhir tepat sesuai dengan umur rencana jalan yang telah di tetapkan, Namun terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi berkurangnya umur jalan.

5.8.1 Nilai RL (*Remaining Life)* Rencana

Pada Perhitungan nilai RL *(Remaining Life)* menggunakan persamaan 3.13, yaitu perhitungan dilakukan dengan membandingkan nilai akumulasi W18 pada tahun pertama dengan nilai akumulasi pada tahun terakhir umur rencana pada (Tabel 5.29). Perhitungan ini dilakukan untuk sepanjang umur rencana, sehingga nilai RL untuk tahun 2016 diperoleh sebagai berikut.

Diketahui :

Np = ∑W18 akumulasi 2016 = 1.036.195,19

N1.5 = ∑W18 akumulasi 2025 = 24.914.626,58

Maka, Nilai RL $= 100\ x\ [1\frac{Np}{N1,5}]$

$= 100\ x\ [1\frac{1.036.195,19}{24.914.626,58}]$

= 93,99 %

Selanjutnya, Perhitungan dilakukan untuk tahun 2017 – 2025 dilakukan dengan cara yang sama. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan *remaining life* rencana dari 2017-2025 seperti pada Tabel 5.30 di bawah ini.

Tabel 5. 32 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life* Rencana Tahun 2016-2025

Tahun	W18 Kondisi Normal		RL Rencana %
	Aktual	Akumulasi	
2016	1.036.195,19	1.036.195,19	93,99
2017	1.153.325,28	2.189.520,47	87,30
2018	1.356.514,58	3.546.035,06	79,44
2019	1.434.658,21	4.980.693,26	71,12
2020	1.636.681,34	6.617.374,60	61,63
2021	1.836.880,00	8.454.254,60	50,97
2022	1.977.727,14	10.431.981,74	39,51
2023	2.151.055,77	12.583.037,52	27,03
2024	2.271.045,59	14.854.083,11	13,86
2025	2.390.378,18	17.244.461,29	0,00

5.8.2 Nilai RL (*Remaining Life) Overload*

Pada perhitungan nilai RL (*Remaining Life) Overload* ini menggunakan persamaan 3.13, yaitu perhitungan dilakukan dengan membandingkan nilai akumulasi W18 pada tahun pertama *overload* dengan nulai akumulasi pada tahun terakhir umur rencana pada (Tabel 5.29). Proses ini dilakukan untuk sepanjang umur rencana, sehingga nilai RL tahun 2016 diperoleh sebagai berikut.

Diketahui :

Np = ∑W18 *overload* 2016 = 1.138.844,76

N1.5 = ∑W18 Normal 2025 = 17.244.461,29

Maka, Nilai RL $= 100\ x\ [1\frac{Np}{N1,5}]$

$= 100\ x\ [1\frac{1.138.844,76}{17.244.461,29}]$

= 93,4 %

Selanjutnya, Perhitungan Nilai RL *overload* dilakukan untuk tahun 2017 – 2025 dilakukan dengan cara yang sama. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan *remaining life overload* dari 2017-2025 seperti pada Tabel 5.31 di bawah ini.

Tabel 5. 33 Rekapitulasi Nilai *Remaining Life Overload* Tahun 2016-2025

Tahun	W18 Kondisi *Overload*		*RL Overload* %
	Aktual	Akumulasi	
2016	1.138.844,76	1.138.844,76	93,40
2017	1.301.140,67	2.439.985,43	85,85
2018	1.565.748,40	4.005.733,84	76,77
2019	1.733.143,83	5.738.877,66	66,72
2020	2.061.721,79	7.800.599,45	54,76
2021	2.443.990,74	10.244.590,19	40,59
2022	2.846.079,06	13.090.669,25	24,09
2023	3.398.815,84	16.489.485,09	4,38
2024	4.061.877,14	20.551.362,23	-19,18
2025	4.363.264,35	24.914.626,58	-44,48

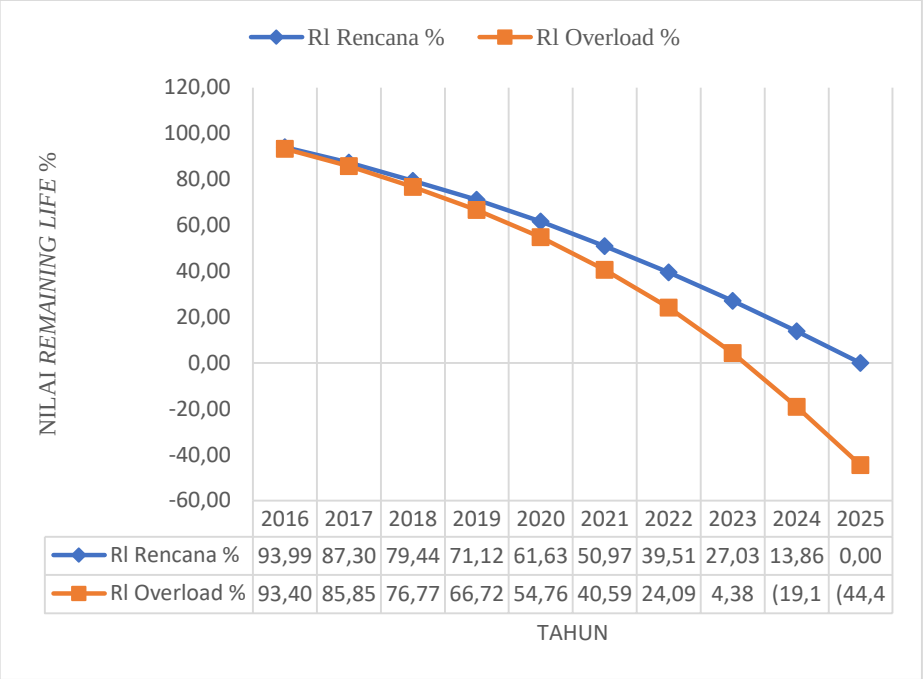
Berdasarkan analisis perbandingan nilai *Remaining Life* (*RL*) antara kondisi normal dan *overload* menunjukkan bahwa keberadaan kendaraan dengan beban berlebih secara signifikan memperpendek umur layanan perkerasan. Hal ini terjadi karena nilai beban sumbu ekuivalen meningkat, sehingga akumulasi beban yang diterima jalan lebih cepat mencapai kapasitas rencana. Dari data Tabel 5.32 terlihat bahwa umur sisa dalam kondisi *overload* lebih rendah dibandingkan kondisi normal, dengan persentase penurunan umur yang cukup besar. Pernyataan ini menegaskan bahwa kendaraan *overload* berdampak langsung terhadap ketahanan perkerasan, mempercepat kebutuhan pemeliharaan, serta meningkatkan biaya perbaikan jalan.

Tabel 5. 34 Perbandingan NIlai *Remaining Life (RL)* Normal dan *Overload*

Tahun	RL Rencana %	RL Overload %
2016	93,99	93,40
2017	87,30	85,85
2018	79,44	76,77
2019	71,12	66,72
2020	61,63	54,76
2021	50,97	40,59
2022	39,51	24,09
2023	27,03	4,38
2024	13,86	-19,18
2025	0,00	-44,48

Dari Tabel 5.32 diatas akan diubah menjadi gambar grafik yang lebih menunjukkan perbedaan nilai RL rencana dan *overload*. Berikut adalah grafik

perbedaan nilai RL rencana dan *Overload* dengan umur rencana 10 tahun.



Gambar 5. 3 Perbandingan Nilai RL rencana dan *Overload*

Dari grafik tersebut, dapat diketahui bahwa nilai umur rencana tercapai saat persentase umur rencana mencapai 0%. Dari Grafik di atas menunjukkan bahwa persentase yang mencapai 0% terjadi pada tahun ke-8 (2023) dan tahun ke-9 (2024). Pada tahun ke-8, persentase umur rencana adalah 4,38, sedangkan pada tahun ke-9, persentase umur layan direncanakan adalah -19,18. Oleh karena itu, perhitungannya menjadi sebagai berikut:

$$X = \frac{Tahun\ ke{-}8}{Tahun\ ke{-}9}$$

$$= \frac{4{,}38}{-19{,}18} = -0{,}228$$

Sehingga nilai umur rencana pada saat nilai umur rencana mencapai persentase 0% adalah sebagai berikut:

Nilai umur layan = 8 + X

= 8 + (-0,228)

= 7,772

Penurunan umur layan = 10 – 7,772

= 2,3 tahun

Jadi, dari hasil perhitungan di atas diperoleh terjadinya penurunan umur rencana akibat dari kendaraan yang mengalami muatan berlebih yaitu sebesar 2,3 tahun atau 2 tahun 4 bulan.

5.9 Skenario Pengendalian Beban Berlebih *(Overload)*

Dalam skenario pengendalian beban berlebih *(Overload)* ini bertujuan untuk mengetahui dampak positif pengurangan persentase beban berlebih terhadap umur rencana jalan perkerasan lentur, dibandingkan dengan kondisi aktual saat ini agar perkerasan dapat mempertahankan umur rencana. Skenario pengendalian beban berlebih dilakukan dengan menekan beban berlebih atau mengurangi beban *overload* dengan rasio pengurangan 10-26% dari beban *overload* yang terjadi. Berikut adalah beban *overload* dengan skenario pengendalian beban *overload* pada Tabel 5.33 dibawah ini.

Tabel 5. 35 Tabel Skenario Pengendalian Beban *Overload*

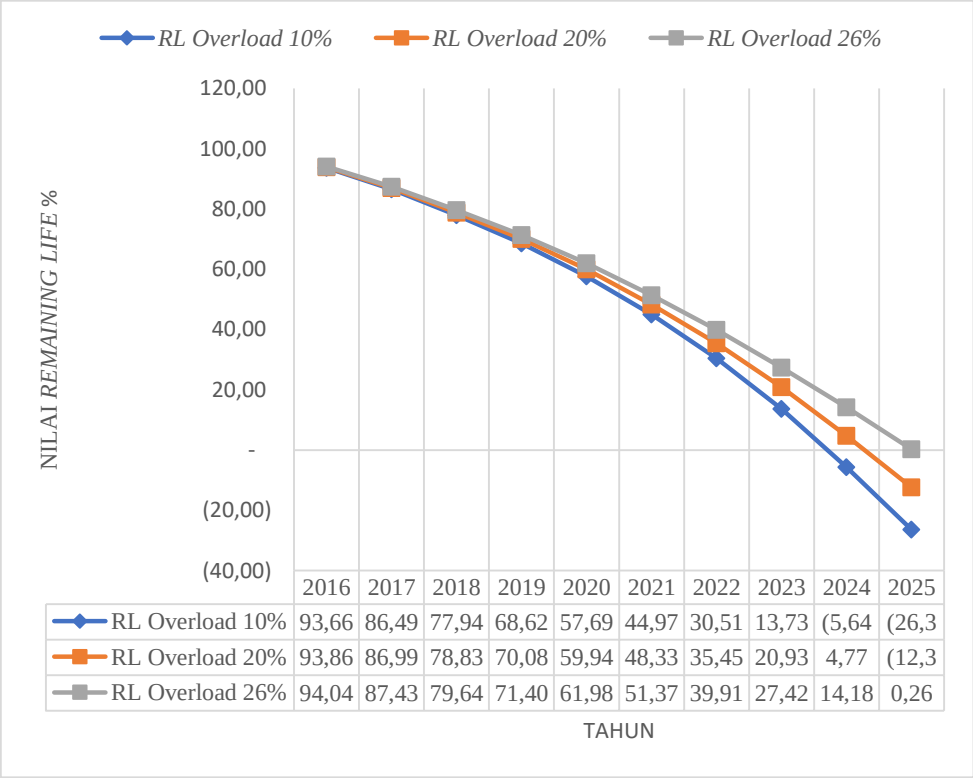
Golongan	Skenario Persentase		
	15% (Ton)	20% (Ton)	26% (Ton)
Golongan 3	5,59	5,11	4,50
Golongan 4	11,10	10,13	8,93
Golongan 6a	18,37	16,77	14,77
Golongan 6b	19,09	17,43	15,36
Golongan 7a	30,24	27,61	24,33
Golongan 7b	29,12	26,59	23,42
Golongan 7c	31,76	29,00	25,54

Selanjutnya, Perhitungan *Remaining Life* dari skenario pengendalian beban *Overload* dilakukan cara yang sama dengan perhitungan *Remaining Life* pada persamaan 3.13. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan *Remaining Life* skenario pengendalian beban Overload 10%, 15%, dan 26% seperti pada Tabel 5.33 di bawah ini.

Tabel 5. 36 Nilai *Remaining Life* dengan Pengendalian Beban

Tahun	*RL Overload* 10%	*RL Overload* 15%	*RL Overload* 26%
2016	93,66	93,86	94,04
2017	86,49	86,99	87,43
2018	77,94	78,83	79,64
2019	68,62	70,08	71,40
2020	57,69	59,94	61,98
2021	44,97	48,33	51,37
2022	30,51	35,45	39,91
2023	13,73	20,93	27,42
2024	-5,64	4,77	14,18
2025	-26,32	-12,35	0,26

Dapat diketahui dengan skenario pengendalian beban Overload bahwa dengan melakukan penekanan beban overload sebesar 26% umur jalan dapat habis sesuai dengan rencana 10 tahun. Berikut adalah grafik dari RL overload dengan pengendalian beban pada Gambar 5.11 di bawah ini.



Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Nilai *RL Overload* dengan Pengendalian beban

5.10 Analisis Nilai *Structural Number (SN)* dengan Nilai *CESAL Overload* dan Skenario Tebal Perkerasan dari Nilai *Structural Number (SN)*.

Dengan didapatkan nilai *CESAL Overload* maka dibutuhkan analisis *Structure Number* agar perkerasan dapat habis pada umur rencana 10 tahun. Pada perhitungan analisis Structure Number menggunakan metode *AASHTO* 1972 dan dihitung menggunakan Persamaan 3.11.

$$Log\ 249x10^5 = 9{,}36 \times Log\ (SN+1) - 0{,}2 + \frac{Log(\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}5})}{0{,}4+\frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}}$$

Jadi, untuk nilai *CESAL Overload* sebesar 24.914.626,58 *ESAL* dengan umur rencana 10 tahun dibutuhkan nilai *Structural Number* 6,27 dari nilai *Strucutural Number* 4,96 ditingkatkan menjadi 6,27 agar jalan dapat mempertahankan umur rencana 10 tahun. Dari dari nilai *Strucutural Number* 4,96 ditingkatkan menjadi menjadi 6,27 membutuhkan *overlay* pada perkerasan. Berikut adalah Tabel 5,37 Skenario tebal perkerasan yang dibutuhkan agar memiliki *Structural Number* 6,27.

Tabel 5. 37 Skenario Tebal Perkerasan dari Nilai *Structural Number*

Lapisan perkerasan	*Layer coeff*	Tebal Perkerasan		Faktor drainase (mi)	*Structural Number*
		Cm	Inch		
AC Wearing course	0,44	6	2,36	1,00	1,04
AC Binder Course	0,40	10,4	4,09	1,00	1,64
AC Base	0,36	11	4,33	1,00	1,56
Ag.Base Klas A	0,14	20	7,87	0,90	0,99
Ag.Base Klas B	0,11	30	11,81	0,80	1,04
Total					6,27

Dari Tabel di atas dapat diketahui bahwa dibutuhkan *overla*y dari lapisan *AC Wearing course* senilai 2 cm, *AC Binder Course* senilai 3,4 cm, dan *AC Base* senilai 3 cm agar nilai *Structural Number* menjadi 6,27 dan umur layan dapat habis sesuai umur rencana.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan pada hasil-hasil penelitian maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan rasio antara kendaraan berat yang masuk ke jembatan timbang dengan kendaraan *overload*, maka dapat dikatakan adanya banyak pelanggaran kendaraan yang melebihi JBI >5% yaitu sebesar 44% dari kendaraan masuk jembatan timbang pada tahun 2024.
2. Berdasarkan evaluasi pengaruh beban berlebih (*overload*) terhadap umur rencana perkerasan jalan pada ruas jalan Diponegoro menggunakan metode *AASHTO* 1993 dengan cara menganalisis nilai estimasi *CESAL* dan *CESAL overload* didapatkan nilai estimasi CESAL sebesar 17.244.461,29 *ESAL* dan *CESAL overload* sebesar 24.914.626,58 *ESAL* . Hasil perhitungan penurunan umur rencana jalan Diponegoro didapatkan adanya penurunan umur layan jalan sebesar 2,3 tahun dari umur rencana 10 tahun dan umur layan akibat beban *overload* sebesar 7,7 tahun. Hal tersebut terjadi karena banyaknya kendaraan *overload* yang melintas di jalan Diponegoro.
3. Dengan umur rencana 10 tahun dan banyaknya kendaraan *overload* yang melewati jalan Diponegoro, nilai *CESAL overload* sebesar 24.914.626,58 sehingga nilai *Structure Number (SN)* yang dibutuhkan agar jalan tetap dapat mempertahankan umur layan 10 tahun dalam kondisi *Overload* adalah 6,27. Dari nilai *Structural Number* 4,96 ke 6,27 dibutuhkan *overla*y dari lapisan *AC Wearing course* senilai 2 cm, *AC Binder Course* senilai 3,4 cm, dan *AC Base* senilai 3 cm agar nilai *Structural Number* menjadi 6,27 dan umur layan dapat habis sesuai umur rencana.

6.2 Saran

1. Untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya agar mendapatkan hasil yang objektif, disarankan untuk mengamati langsung kendaraan bermuatan lebih di lokasi jembatan timbang. Hal ini penting untuk menggolongkan kendaraan berat secara lebih detail
2. Dibutuhkan pengendalian kendaraan dengan beban berlebih oleh pihak pihak terkait dikarenakan pengendalian beban berlebih sangat penting untuk mengantisipasi kerusakan dini akibat beban berlebih.
3. Dengan banyaknya kendaraan dengan beban berlebih untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada jalan yang dapat mengganggu pengguna jalan disarankan untuk mengubah lapisan atas perkerasan lentur menjadi perkerasan kaku dikarenakan perkerasan kaku lebih kuat menahan beban truk yang sangat berat secara berulang dan memiliki umur rencana yang lebih lama dibandingkan dengan perkerasan lentur.

DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway dan Transportation Officials. 1972. *Interim Pavement Design Guide*. Washington DC.

American Association of State Highway dan Transportation Officials. 1993. *Guide For Design of Pavement Structures*. Washington DC.

Darlan. 2014. Konstruksi Perkerasan Lentur *(Flexible Pavement). Artikel.* Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Grobogan. Grobogan.

Hasanuddin, Dewi Ayu Setiawat, & Agil Tri Anggor. 2023. Pengaruh Beban Berlebih terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Yos Sudarso) *The Effect of Excessive Loads on the Design Life of Road Pavement (Case Study: Jalan Yos Sudarso). Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Palu. Palu.

Hazifa, Ade Nurdin, & Dyah Kumalasari. 2022. Analisa Dampak Beban Kendaraan terhadap Kerusakan serta Umur Rencana Jalan (Studi Kasus Perkerasan Lentur Jl. Kamarullah Kota Padang Panjang). *Jurnal Teknik Sipil.* Universitas Jambi. Jambi.

Iskahar, Sulfah Anjarwati, & Livia Oktafiani Rejeki. 2021. Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Jenderal Soedirman Sokaraja) *The Effect Of Overload On The Design Life Of The Road Pavement (Case Study Of Jenderal Soedirman Road Sokaraja). In Hal (Vol. 2, Issue 2). Jurnal Teknik Sipil.* Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Perkerasan Jalan Bina Marga Nomor 04.*

Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 1983. *Manual Pemeriksaan Perkersan Jalan.*

Pemerintah Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*.

Pemerintah Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.*

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.1. 2012. Pengendalian Muatan Angkutan Barang Di jalan.

Putri Angelia Safitra, Theo K. Sendow, & Sisca V. Pandey. 2019. Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Bitung). *Jurnal Sipil Statik, 7(3), 319–328.* Universitas Sam Ratulangi. Manado.

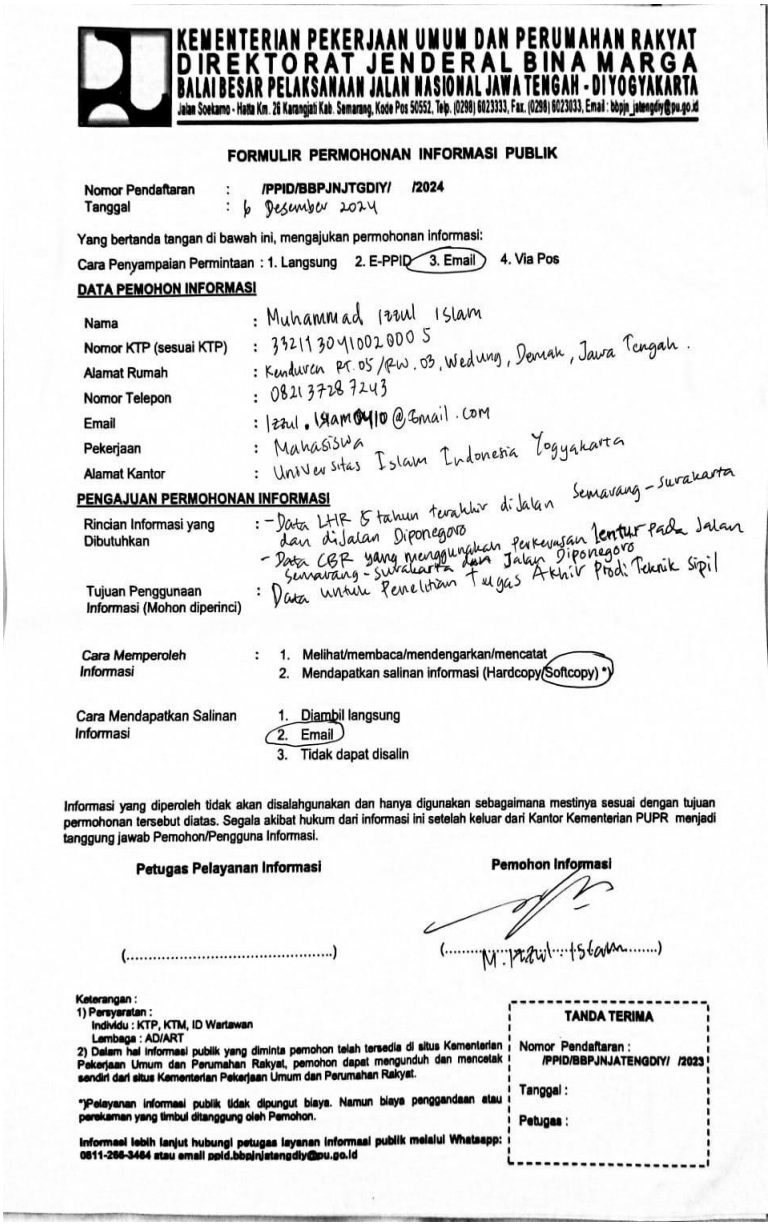
Rafi Marsa, Juang Akbardin, & Dadang Mohamad. 2023. Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan (*Overload*) Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Ruas Lingkar Gentong. *Jurnal Teknik Sipil.* Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.

Revando, F. 2017. Pengaruh Beban Berlebih Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Yogya-Magelang. *Tugas Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Widarto Sutrisno, Krishadiyanto Dapa Beti, Polykarpus Rera Wowa, & Dewi Sulistyorini. 2022. Analisis Dampak Beban Berlebih (*Overload*) Kendaraan Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Metode *AASHTO* (Studi Kasus: Jalan Yogyakarta-Prambanan). *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Permohonan Informasi Publik



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL JAWA TENGAH - DIYOGYAKARTA
Jalan Soekarno - Hatta Km. 26 Karangjati Kab. Semarang, Kode Pos 50552, Telp. (0298) 6023333, Fax. (0298) 6023033, Email : bbpjn_jatengdiy@pu.go.id

FORMULIR PERMOHONAN INFORMASI PUBLIK

Nomor Pendaftaran : /PPID/BBPJNJTGDIY/ /2024
Tanggal : 6 Desember 2024

Yang bertanda tangan di bawah ini, mengajukan permohonan informasi:

Cara Penyampaian Permintaan : 1. Langsung 2. E-PPID (3. Email) 4. Via Pos

DATA PEMOHON INFORMASI

Nama	:	Muhammad Izzul Islam
Nomor KTP (sesuai KTP)	:	3321130410020005
Alamat Rumah	:	Kenduren RT.05/RW.03, Wedung, Demak, Jawa Tengah.
Nomor Telepon	:	0821 3728 7243
Email	:	izzul.islam0410@gmail.com
Pekerjaan	:	Mahasiswa
Alamat Kantor	:	Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

PENGAJUAN PERMOHONAN INFORMASI

Rincian Informasi yang Dibutuhkan	:	- Data LHR 5 tahun terakhir di jalan Semarang - Surakarta dan di Jalan Diponegoro - Data CBR yang menggunakan perkerasan lentur pada Jalan Semarang - Surakarta dan Jalan Diponegoro
Tujuan Penggunaan Informasi (Mohon diperinci)	:	Data untuk Penelitian Tugas Akhir Prodi Teknik Sipil

Cara Memperoleh Informasi :
1. Melihat/membaca/mendengarkan/mencatat
2. Mendapatkan salinan informasi (Hardcopy/(Softcopy) *)

Cara Mendapatkan Salinan Informasi
1. Diambil langsung
2. (Email)
3. Tidak dapat disalin

Informasi yang diperoleh tidak akan disalahgunakan dan hanya digunakan sebagaimana mestinya sesuai dengan tujuan permohonan tersebut diatas. Segala akibat hukum dari informasi ini setelah keluar dari Kantor Kementerian PUPR menjadi tanggung jawab Pemohon/Pengguna Informasi.

Petugas Pelayanan Informasi	Pemohon Informasi
(.....)	(.....M. Izzul Islam.....)

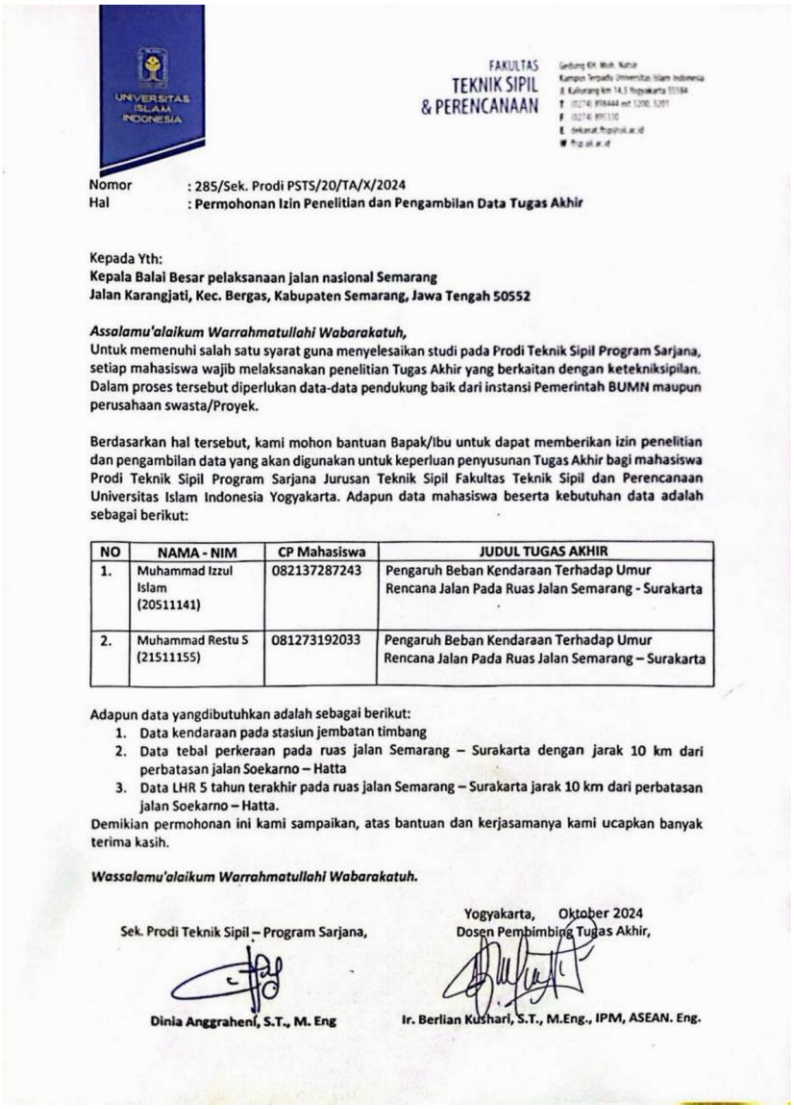
Keterangan :
1) Persyaratan :
Individu : KTP, KTM, ID Wartawan
Lembaga : AD/ART
2) Dalam hal informasi publik yang diminta pemohon telah tersedia di situs Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, pemohon dapat mengunduh dan mencetak sendiri dari situs Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

*)Pelayanan informasi publik tidak dipungut biaya. Namun biaya penggandaan atau perekaman yang timbul ditanggung oleh Pemohon.

Informasi lebih lanjut hubungi petugas layanan informasi publik melalui Whatsapp: 0811-286-3484 atau email ppid.bbpjnjatengdiy@pu.go.id

TANDA TERIMA
Nomor Pendaftaran : /PPID/BBPJNJATENGDIY/ /2023
Tanggal :
Petugas :

Lampiran 2 Surat Permohonan Pengambilan Data Tugas Akhir



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Nomor : 285/Sek. Prodi PSTS/20/TA/X/2024
Hal : **Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Kepada Yth:
Kepala Balai Besar pelaksanaan jalan nasional Semarang
Jalan Karangjati, Kec. Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah 50552

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,
Untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Prodi Teknik Sipil Program Sarjana, setiap mahasiswa wajib melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang berkaitan dengan ketekniksipilan. Dalam proses tersebut diperlukan data-data pendukung baik dari instansi Pemerintah BUMN maupun perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan hal tersebut, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin penelitian dan pengambilan data yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun data mahasiswa beserta kebutuhan data adalah sebagai berikut:

NO	NAMA - NIM	CP Mahasiswa	JUDUL TUGAS AKHIR
1.	Muhammad Izzul Islam (20511141)	082137287243	Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Ruas Jalan Semarang - Surakarta
2.	Muhammad Restu S (21511155)	081273192033	Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Pada Ruas Jalan Semarang – Surakarta

Adapun data yangdibutuhkan adalah sebagai berikut:
1. Data kendaraan pada stasiun jembatan timbang
2. Data tebal perkeraan pada ruas jalan Semarang – Surakarta dengan jarak 10 km dari perbatasan jalan Soekarno – Hatta
3. Data LHR 5 tahun terakhir pada ruas jalan Semarang – Surakarta jarak 10 km dari perbatasan jalan Soekarno – Hatta.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Oktober 2024

Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

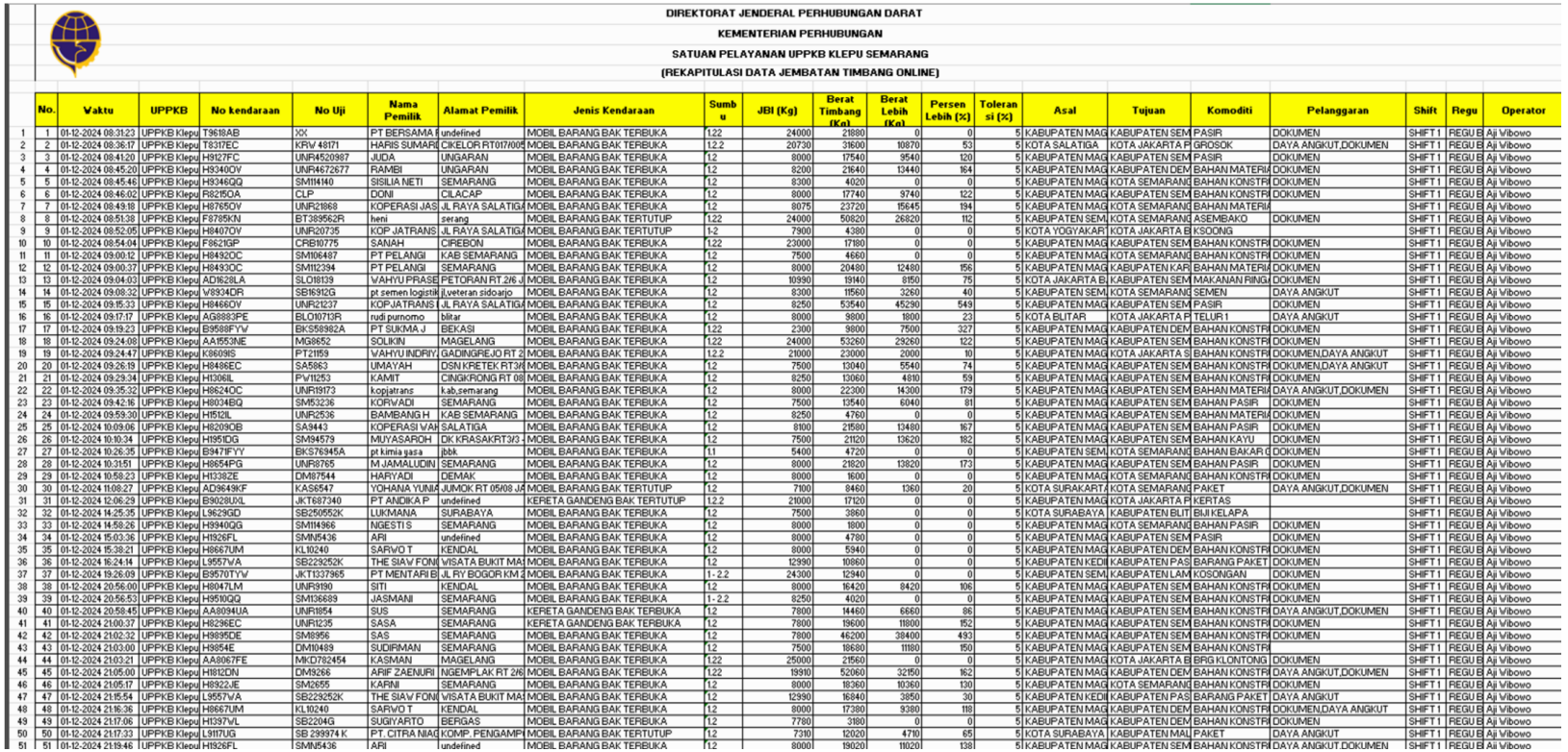
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM, ASEAN. Eng.

Lampiran 3 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata

			Tahun								
Linkid	LINK-NAMA RUAS	Values	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
240911B	240911B-JLN. DIPONEGORO (UNGARAN)	Sum of Veh1	14085	18715	19436	17829	20473	22345	22762	2056	21458
		Sum of Veh2	12525	13756	13189	13966	15371	16424	18653	18443	18894
		Sum of Veh3	4094	4606	5163	5530	5759	5879	5918	6041	6248
		Sum of Veh4	3410	3675	4357	4897	5229	6963	11543	11622	12165
		Sum of Veh5a	1527	1718	1997	2175	2447	2753	3056	3079	3289
		Sum of Veh5b	1344	1512	1775	1934	2153	2422	2479	2488	2689
		Sum of Veh6a	1757	1865	2458	2604	2815	3167	3123	3281	3305
		Sum of Veh6b	3163	3429	4148	4503	5066	5699	6243	6218	6527
		Sum of Veh7a	1586	1784	2097	2168	2540	2858	3171	3682	3774
		Sum of Veh7b	398	426	439	468	503	522	581	589	614
		Sum of Veh7c	1130	1271	1497	1609	1810	2036	2027	2105	2377
		Sum of Veh8	346	449	423	418	527	492	547	579	593

Lampiran 4 Data Jembatan Timbang



DIREKTORAT JENDERAL PERHUBUNGAN DARAT

KEMENTERIAN PERHUBUNGAN

SATUAN PELAYANAN UPPKB KLEPU SEMARANG

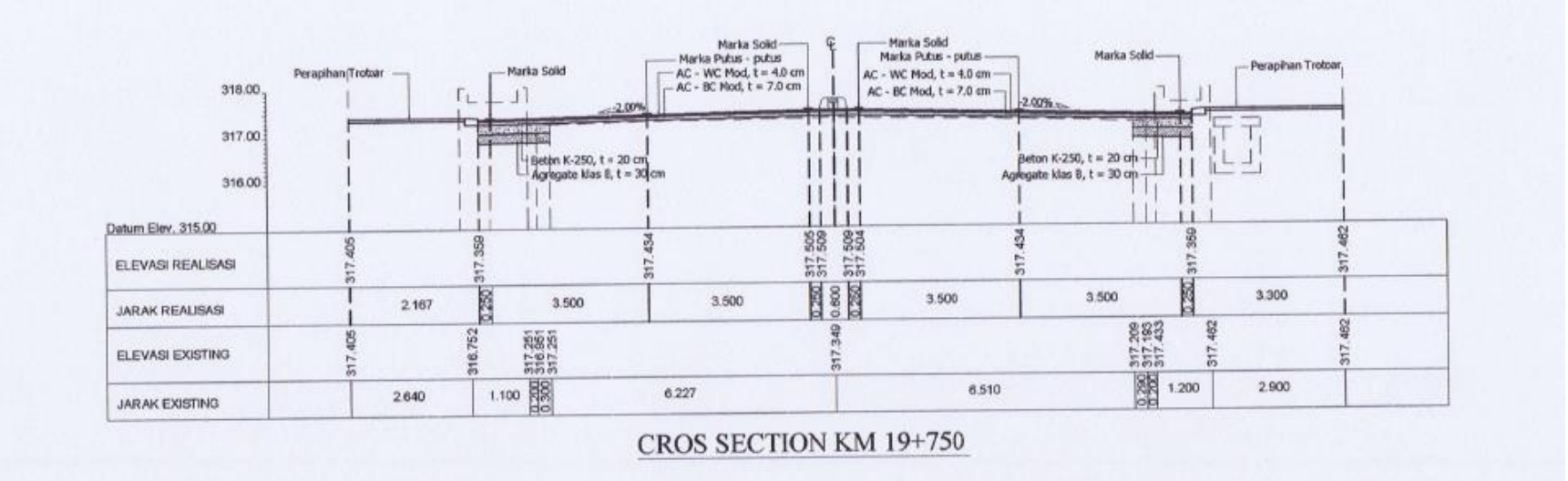
(REKAPITULASI DATA JEMBATAN TIMBANG ONLINE)

No.	Waktu	UPPKB	No kendaraan	No Uji	Nama Pemilik	Alamat Pemilik	Jenis Kendaraan	Sumbu	JBI (Kg)	Berat Timbang (Kg)	Berat Lebih (Kg)	Persen Lebih (%)	Toleransi (%)	Asal	Tujuan	Komoditi	Pelanggaran	Shift	Regu	Operator
1	01-12-2024 08:31:23	UPPKB Klepu	T9618AB	XX	PT BERSAMA I	undefined	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	24000	21890	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
2	01-12-2024 08:36:17	UPPKB Klepu	T8317EC	KRW 48171	HARIS SUMARI	CIKELOR RT017/005	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	20730	31600	10870	53	5	KOTA SALATIGA	KOTA JAKARTA P	GROSOK	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
3	01-12-2024 08:41:20	UPPKB Klepu	H9127FC	UNR4520987	JUDA	UNGARAN	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	17540	9540	120	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
4	01-12-2024 08:45:20	UPPKB Klepu	H9340OV	UNR4672677	RAMBI	UNGARAN	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8200	21640	13440	164	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN MATERIA	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
5	01-12-2024 08:45:46	UPPKB Klepu	H9346QQ	SM114140	SISILIA NETI	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8300	4020	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
6	01-12-2024 08:46:02	UPPKB Klepu	R8215OA	CLP	DONI	CILACAP	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	17740	9740	122	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
7	01-12-2024 08:49:18	UPPKB Klepu	H8765OV	UNR21868	KOPERASI JAS	JL RAYA SALATIGA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8075	23720	15645	194	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN MATERIA		SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
8	01-12-2024 08:51:38	UPPKB Klepu	F8785KN	BT389562H	heni	serang	MOBIL BARANG BAK TERTUTUP	1.2.2	24000	50820	26820	112	5	KABUPATEN SEM	KOTA SEMARANG	ASEMBAKO	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
9	01-12-2024 08:52:05	UPPKB Klepu	H8407OV	UNR20735	KOP JATRANS	JL RAYA SALATIGA	MOBIL BARANG BAK TERTUTUP	1-2	7900	4380	0	0	5	KOTA YOGYAKART	KOTA JAKARTA BI	KSOONG		SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
10	01-12-2024 08:54:04	UPPKB Klepu	F8621GP	CRB10775	SANAH	CIREBON	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	23000	17180	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
11	01-12-2024 09:00:12	UPPKB Klepu	H8492OC	SM106487	PT PELANGI	KAB SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	4660	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
12	01-12-2024 09:00:37	UPPKB Klepu	H8433OC	SM112394	PT PELANGI	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	20480	12480	156	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN KAR	BAHAN MATERIA	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
13	01-12-2024 09:04:03	UPPKB Klepu	AD1628LA	SLO18139	VAHYU PRASE	PETORAN RT.2/6 J	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	10990	19140	8150	75	5	KOTA JAKARTA B	KABUPATEN SEM	MAKANAN RINGA	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
14	01-12-2024 09:08:32	UPPKB Klepu	V8934DR	SB16912G	pt semen logistik	jl.veteran sidoarjo	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8300	11560	3260	40	5	KABUPATEN SEM	KOTA SEMARANG	SEMEN	DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
15	01-12-2024 09:15:33	UPPKB Klepu	H8466OV	UNR21237	KOPJATRANS	JL RAYA SALATIGA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8250	53540	45290	549	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
16	01-12-2024 09:17:17	UPPKB Klepu	AG8883PE	BLO10713R	rudi purnomo	blitar	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	9800	1800	23	5	KOTA BLITAR	KOTA JAKARTA PI	TELUR 1	DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
17	01-12-2024 09:19:23	UPPKB Klepu	B9588FYV	BK558982A	PT SUKMA J	BEKASI	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	2300	9800	7500	327	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
18	01-12-2024 09:24:08	UPPKB Klepu	AA1553NE	MG8652	SOLIKIN	MAGELANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	24000	53260	29260	122	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
19	01-12-2024 09:24:47	UPPKB Klepu	K8609IS	PT21159	VAHYU INDRIY	GADINGREJO RT 2	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	21000	23000	2000	10	5	KABUPATEN MAG	KOTA JAKARTA S	BAHAN KONSTR	DOKUMEN,DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
20	01-12-2024 09:26:19	UPPKB Klepu	H8488EC	SA5863	UMAYAH	DSN KRETEK RT3/	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	13040	5540	74	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN,DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
21	01-12-2024 09:29:34	UPPKB Klepu	H1306IL	PV11253	KAMIT	CINGKRONG RT 08	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8250	13060	4810	59	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
22	01-12-2024 09:35:32	UPPKB Klepu	H8624OC	UNR19173	kopjatrans	kab,semarang	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	22300	14300	179	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN MATERIA	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
23	01-12-2024 09:42:16	UPPKB Klepu	H8034BQ	SM53236	KORWADI	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	13540	6040	81	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
24	01-12-2024 09:59:30	UPPKB Klepu	H1512IL	UNR2536	BAMBANG H	KAB SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8250	4760	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN MATERIA	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
25	01-12-2024 10:09:06	UPPKB Klepu	H8209OB	SA9443	KOPERASI VAH	SALATIGA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8100	21580	13480	167	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
26	01-12-2024 10:10:34	UPPKB Klepu	H1951DG	SM94579	MUYASAROH	DK KRASAK RT.3/3	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	21120	13620	182	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KAYU	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
27	01-12-2024 10:26:35	UPPKB Klepu	B9471FYV	BK5769454	pt kimia sasa	jbbk	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.1	5400	4720	0	0	5	KABUPATEN SEM	KOTA SEMARANG	BAHAN BAKAR G	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
28	01-12-2024 10:31:51	UPPKB Klepu	H8654PG	UNR8765	M JAMALUDIN	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	21820	13820	173	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
29	01-12-2024 10:58:23	UPPKB Klepu	H1338ZE	DM67544	HARYADI	DEMAK	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	1600	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
30	01-12-2024 11:08:27	UPPKB Klepu	AD9649KF	KAS6547	YOHANA YUNI	JUMOK RT 05/08 JA	MOBIL BARANG BAK TERTUTUP	1.2	7100	8460	1360	20	5	KOTA SURAKART	KOTA SEMARANG	PAKET	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
31	01-12-2024 12:06:29	UPPKB Klepu	B9028UXL	JKT687340	PT ANDIKA P	undefined	KERETA GANDENG BAK TERTUTUP	1.2.2	21000	17120	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA JAKARTA PI	KERTAS		SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
32	01-12-2024 14:25:35	UPPKB Klepu	L9629GD	SB250552K	LUKMANA	SURABAYA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	3860	0	0	5	KOTA SURABAYA	KABUPATEN BLIT	BIJI KELAPA		SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
33	01-12-2024 14:58:26	UPPKB Klepu	H9940QG	SM114966	NGESTI S	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	1800	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
34	01-12-2024 15:03:36	UPPKB Klepu	H1926FL	SMN5436	ARI	undefined	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	4780	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	PASIR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
35	01-12-2024 15:38:21	UPPKB Klepu	H8667UM	KL10240	SARWO T	KENDAL	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	5940	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
36	01-12-2024 16:24:14	UPPKB Klepu	L9557WA	SB229252K	THE SIAW FONI	WISATA BUKIT MA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	12990	10860	0	0	5	KABUPATEN KEDI	KABUPATEN PAS	BARANG PAKET	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
37	01-12-2024 19:26:09	UPPKB Klepu	B9570TYV	JKT1337965	PT MENTARI B	JL RY BOGOR KM 2	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1 - 2.2	24300	12940	0	0	5	KABUPATEN SEM	KABUPATEN LAM	KOSONGAN	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
38	01-12-2024 20:56:00	UPPKB Klepu	H8047LM	UNR9190	SITI	KENDAL	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	16420	8420	106	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
39	01-12-2024 20:56:53	UPPKB Klepu	H9510QQ	SM136689	JASMANI	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1 - 2.2	8250	4020	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
40	01-12-2024 20:59:45	UPPKB Klepu	AA8094UA	UNR1854	SUS	SEMARANG	KERETA GANDENG BAK TERBUKA	1.2	7900	14460	6660	86	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
41	01-12-2024 21:00:37	UPPKB Klepu	H8296EC	UNR1235	SASA	SEMARANG	KERETA GANDENG BAK TERBUKA	1.2	7800	19600	11800	152	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
42	01-12-2024 21:02:32	UPPKB Klepu	H9895DE	SM8956	SAS	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7800	46200	38400	493	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
43	01-12-2024 21:03:00	UPPKB Klepu	H9854E	DM10489	SUDIRMAN	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7500	18680	11180	150	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR		SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
44	01-12-2024 21:03:21	UPPKB Klepu	AA8067FE	MKD782454	KASMAN	MAGELANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	25000	21560	0	0	5	KABUPATEN MAG	KOTA JAKARTA BI	BRG KLONTONG	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
45	01-12-2024 21:05:00	UPPKB Klepu	H1812DN	DM9266	ARIF ZAENURI	NGEMPLAK RT 2/6	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2.2	19910	52060	32150	162	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN KONSTR	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
46	01-12-2024 21:05:17	UPPKB Klepu	H8922JE	SM2655	KARNI	SEMARANG	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	18360	10360	130	5	KABUPATEN MAG	KOTA SEMARANG	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
47	01-12-2024 21:15:54	UPPKB Klepu	L9557WA	SB229252K	THE SIAW FONI	WISATA BUKIT MA	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	12990	16840	3850	30	5	KABUPATEN KEDI	KABUPATEN PAS	BARANG PAKET	DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
48	01-12-2024 21:16:36	UPPKB Klepu	H8667UM	KL10240	SARWO T	KENDAL	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	17380	9380	118	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN,DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
49	01-12-2024 21:17:06	UPPKB Klepu	H1397WL	SB2204G	SUGIYARTO	BERGAS	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	7780	3180	0	0	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN DEM	BAHAN KONSTR	DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
50	01-12-2024 21:17:33	UPPKB Klepu	L9117UG	SB 299974 K	PT. CITRA NIAG	KOMP. PENGAMP	MOBIL BARANG BAK TERTUTUP	1.2	7310	12020	4710	65	5	KOTA SURABAYA	KABUPATEN MAL	PAKET	DAYA ANGKUT	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo
51	01-12-2024 21:19:46	UPPKB Klepu	H1926FL	SMN5436	ARI	undefined	MOBIL BARANG BAK TERBUKA	1.2	8000	19020	11020	138	5	KABUPATEN MAG	KABUPATEN SEM	BAHAN KONSTR	DAYA ANGKUT,DOKUMEN	SHIFT 1	REGU B	Aji Wibowo

Lampiran 5 *Time Schedule* Tugas Akhir

No.	URAIAN KEGIATAN	Jam Kerja	Bobot	I				II				III				IV				V				VI			
				M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M17	M18	M19	M20
A	**Pekerjaan Persiapan**																										
	Perizinan penelitian	2	1	2																							
	Rumusan masalah dan Studi literatur	16	9	4	4	4	4																				
B	**Pengumpulan Data**																										
	Pengambilan data primer dan sekunder	8	4					8																			
C	**Analisa dan Pembahasan**																										
	Analisis data lalu lintas harian rata-rata	6	3						6																		
	Analisis data kendaraan *overload*	25	12						7	8	10																
	Analisis perhitungan menggunakan metode *AASHTO* 1993	54	29									7	7	7	7	7	7	7	5								
D	**Penyusunan Laporan**																										
	Laporan Proposal Penelitian	30	17		6	6	6													6	6						
	Laporan Hasil Penelitian	45	25																			8	8	8	8	8	8
		186	**100**	6	10	10	10	8	13	8	10	7	7	7	7	7	7	7	5	6	6	8	8	8	8	8	8
Jam		**186**	**100**	6	16	26	36	44	57	65	75	82	89	96	103	110	117	124	129	135	141	149	156	164	171	179	186

Lampiran 6 Data Tebal Perkerasan Lentur Jalan Diponegoro



Lampiran 7 Gambar Penimbangan Kendaraan Berat di Jembatan Timbang



Gambar L-7.1 Kendaraan Berat di Jembatan Timbang